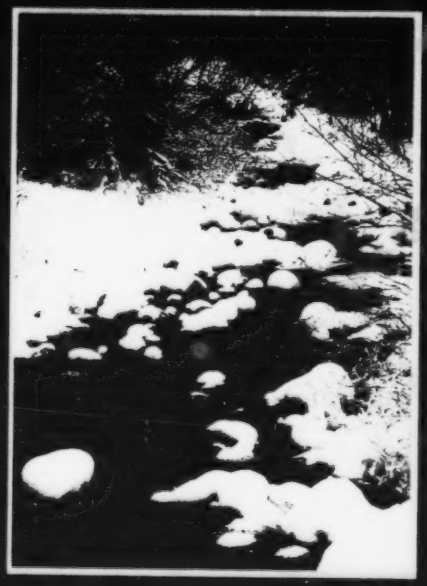
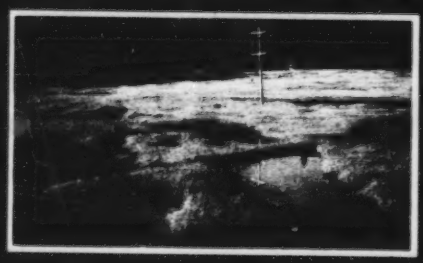
Environment Canada / Environnement Canada

NATIONAL HYDROLOGY RESEARCH INSTITUTE





ANNUAL REPORT 1986-87

88-05305/

CONTENTS

Director's Office 1
Surface Water Division 5
Ground Water Division 11
Aquatic Ecology Division 17
Staff Services Division 21
Publications 23

Disponsible en Français sur demande.

DIRECTOR'S OFFICE

Director's Comments

The National Hydrology Research Centre (NHRC) in Saskatoon, opened in 1986, houses the National Hydrology Research Institute (NHRI) and other Environment Canada research units such as the regional laboratories of the Water Quality Branch and a research and local inspection office of the Atmospheric Environment Service. NHRI is one of two research institutes forming part of the Environment Canada's Inland Waters Directorate. NHRI conducts hydrologic research in support of water management issues of current or potential interest. Research on issues of interest to the four western provinces and the Territories is emphasized.

The fiscal year 1986/87 was dominated by the transfer of staff to Saskatoon from Ottawa, Winnipeg and Vancouver. It was also marked by changing leadership. Dr. A. Lachance, appointed director in June 1985, resigned in December 1985. Mr. D. Lennox, the former director, was asked to serve as acting director during the search for a new director. On 1 October 1986, Dr. T.M. Dick was appointed director. Don Lennox, who had the onerous job of dealing with many of the concerns stemming from the Centre's move and re-establishment, deserves credit for all his hard work, involving as it did so much travel between Ottawa and Saskatoon.

The 3rd October 1986 marked the official opening of the National Hydrology Research Centre in Saskatoon. Mr. G.M. Gurbin, Parliamentary Secretary to the Minister of the Environment, unveiled the official plaque.

Appropriate to the opening was a conference on "Water Research Themes," organized through the Saskatchewan Branch of the Canadian Water Resources Association and the Water Studies Institute, Saskatoon. Conference discussions provided very useful comment and information on research topics and needs.

Numerous environmental and aquatic issues need research if we are to improve our ability to conserve Canadian resources and live in harmony with the earth. Understanding the complex interactions of physical and biological systems further complicated by man-made interference taxes our intellects and stretches our skills. Yet, sensible and dependable environmental policies developed in tandem with a recognition of the need to maintain economic stability demand such an understanding. Increased knowledge is necessary if we are to accurately assess the impacts of change.

Creation of this Centre with its linked hydrometeorologic, hydrologic and ecologic research groups is an innovative and important step towards the advancement of environmental research. One of the functions of the Institute is to develop a holistic approach to environmental issues. The physical and biological environment does not fit the intellectual divisions of academia, and environmental scientists today must be ready to work alongside scientific colleagues who are outside their own special expertise. The challenge to break down the barriers between scientific solitudes is very difficult, but possibly not insurmountable. It will require willingness and courage to expand individual horizons in attacking those problems of the environment which need cross-media or multi-disciplinary teams for their investigation.

During the year, a scientific seminar series organized by the Centre was well attended. Up-to-date information delivered in an informal atmosphere provides a useful gateway to becoming involved with other scientists and the questions of concern to them. In the future, perhaps more effort to conscientiously attend sessions on subjects outside one's own specialty may be very productive. It has been said that many major scientific discoveries are made by scientists crossing disciplinary lines. If it is true for very big ideas, it may well be true for lesser ones.

Despite the transfer of location, most of the scientific staff remained productive and are to be congratulated for their perseverance. Their work, detailed in this report, reflects well on their industry and competence. Not reported are all the daily interactions with clients and colleagues to exchange information, provide data or advice and generally facilitate various environmental studies. Personal contacts through committees and professional societies will continue to be a strong influence on the decisions and projects of the Centre.

The gestation year of 1986/87 has produced a brand new building, a new location, new horizons and new challenges. The outlook at the end of 1986/87 is very positive and optimistic.

T. Milne Dick
Director

Senior Scientist

During 1986/87, Senior Scientist V. Klemes concentrated on turning the attention of the hydrological community to some neglected fundamental problems of hydrological sciences and their application to water management. Some of these problems are the lack of hydrological content of many hydrological models, their testability, and the relation of hydrology to other geophysical sciences on one hand and to

engineering on the other. An expository paper on these topics was published in a special issue of *Water Resources Research* in September 1986, and three related papers were presented at international symposia on Flood Frequency Analysis (Baton Rouge, USA), Physics and Stochasticity in Hydrology (Budapest, Hungary) and Drought (Lincoln, USA).

The research activity of the Senior scientist involved an investigation of spontaneous cyclicity generated by cumulative processes of higher orders, a phenomenon that plays an important role in the interpretation of geophysical time series, detection of climatic change in historic records, drought prediction, and economic planning involving water-related natural processes.

Library

The library opened for service in December 1986. At first operations were difficult, given that all publications were still in boxes. However, January to March saw a steady improvement, thanks largely to the work of two term library technicians who organized and recorded the journal holdings, catalogued and classified the monographs and reports, and assisted the librarian in finding suppliers for important publications missing from the collection.

A new library management system was installed in January, and work on the on-line catalogue was begun. In the coming year, all major operations in the library will be fully automated.

The NHRC library committee has been set up with representation from all divisions and will meet several times a year to discuss policy, collection development and services.

NHRC staff have taken a keen interest in the process of setting up the library and have been eager to participate in the building up of a strong hydrology collection.

Instrument Technology Section

The most expensive and time consuming project in the fiscal year ending March 1987 was the transfer of the section's machinery, equipment, parts, supplies and people to Saskatoon. Much of the effort went into packing and unpacking, but even more went into installing, restoring and restocking.

Notwithstanding the complications arising out of the move, the Section developed several new instruments in support of Institute scientists during 1986/87:

Camera Intervalometer

A camera intervalometer used to determine surface velocities of ice during

spring break-up was produced for use with a 35mm camera. The device powers up the camera, activates the shutter release, allows the camera to advance the film and then powers down the camera. It may be started manually or by a trip cable in the ice. Three timers allow for a wide range of photograph intervals and sequences.

Ice Bore Hole Logger

The utility of the ice bore hole logger was increased by the addition of a compass and modification of its depth counter to read directly in millimetres. The depth counter was designed to work with normal beaded float cable. A new cable reel was also constructed for this apparatus.

Recording Current Meter

Three self-contained, submersible current meters for measuring flow speed and direction and water temperature and depth were repackaged along with their Campbell Scientific data loggers and cassette recorders. Earlier problems with these in-house-designed units were rectified by resealing and pressure testing their cases and by developing new sensing vanes and direction encoders.

16mm Camera Modifications

Eight KB9A-based camera systems were modified for photographing the advance of river break-up by readjusting their clocks to take one photograph every $1\frac{1}{8}$ minutes. This was accomplished by adding a switch for automatic start-up when break-up approached and by adding a second clock to indicate when the camera system was automatically turned on.

Pump Intervalometer

An intervalometer was designed and constructed to cycle a pump on and off with cycles from 100 to 900 seconds long and duty cycles from 1 to 99 per cent.

Video Camera Headphones

Aircraft-type headphones complete with voice-cancelling boom microphone were adapted for use with a video camera for recording commentary while flying. The circuit used precluded interference with aircraft systems while allowing communication with either the pilot or the video camera.

Staff

Director's Office

Dr. T.M. Dick
Dr. V. Klemes
L. Watson
R.O. Christie
D. Bucilla
T.W. Maxim
J.A. Banner
J. Polle

SURFACE WATER DIVISION

Surface water research emphasizes the investigation of watershed processes, particularly those that characterize elements of the hydrologic cycle other than ground water. Hydrologic processes in permafrost, alpine and prairie environments are of particular interest.

Research in the Prairie Hydrology Section is focused on snow management, snow-melt infiltration and snow-melt run-off in a Prairie environment; the application of passive microwave imagery to monitor spring flooding and subsequent drying of fields; the evaluation of the Complementary Relationship Areal Evapotranspiration (CRAE) model; and the quantity and quality of irrigation return flow.

Permanent and seasonal snow and ice are important elements in the Mountain Hydrology Section research program. Glaciers can provide climate data and information on long-range transport of atmospheric pollutants. In addition, they contribute significantly to water supply. The cores from Mount Logan have now been analysed for oxygen-isotope ratios that reflect the temperature at which the snow fell. It has been found that the precipitation time series from the mountain correlates with one of similar length from Siberia.

Accumulated records on Canadian glaciers have been relocated from Ottawa to Saskatoon and are now being reorganized and catalogued. Information on glacier variations, glacier mass balance and special glacier events during the period from 1980-1985 have been compiled. Ongoing assessment of annual mass changes on Sentinel, Place, Helm and Peyto Glaciers showed that all glaciers surveyed lost mass during the balance year.

Snow structure and its metamorphism influence melt rates and run-off. Studies continued on the analysis of snow specimens to find characteristics that best describe snow microstructure. The dielectrical properties of snow and how they change as the snow metamorphoses are important when interpreting the brightness signals obtained by remote sensing satellites.

In the Northern Hydrology Section, research activities continued to be directed at the effects of possible future regulation of Liard-Mackenzie flow and to potential oil and gas developments in the Mackenzie-Beaufort region. A major focus has been placed on understanding the hydrologic regime of lakes and channels in the Mackenzie Delta.

Prairie Hydrology Section

Snow Management and Meltwater Enhancement

A co-operative study undertaken together with Agriculture Canada and the University of Saskatchewan, Division of Hydrology, was initiated in October 1986 to determine the effects of snow-melt enhancement by tillage practices, meltwater enhancement in cracked soils and the effect of snow management and tillage practices on surface run-off and ground water recharge. Four research sites were

located in the brown and dark brown soil zones of Saskatchewan and instrumented to measure over-winter soil moisture changes resulting from snow trapped using strips of tall standing stubble. Such studies will be of direct benefit to primary producers who are looking for methods of extending the cropping system to overcome problems of land degradation and soil salinization.

Complementary Relationship Areal Evapotranspiration (CRAE) Model Evaluation

A co-operative study undertaken with Alberta Environment, Agriculture Canada and the Inland Waters Lands Directorate Water Resources Branch in order to evaluate the CRAE Model to establish evapotranspiration has shown encouraging results. Estimates for dryland cropped and uncropped sites and for cropped irrigated sites were within 33 per cent of measured values determined from soil moisture and precipitation measurements. Dewpoint temperature measurements were found to be critical to the prediction of evapotranspiration.

The study will be continued in 1987 with emphasis on improving dewpoint temperature measurements. If the model evaluation proves successful, this approach will be useful in estimating areal evapotranspiration based only on air and dewpoint temperatures.

Herbicide, Nutrient and Water Drainage from an Irrigated Field

A co-operative project undertaken with Agriculture Canada and the Saskatchewan Research Council was initiated in 1986 to determine the amount and quality of irrigation and subsurface drainage water following each rainfall and irrigation event. The amount of surface drainage water resulting from irrigation by the corrugated method was found to equal 14 per cent of the amount applied for the season. With respect to applied nutrients, 0.1 per cent of the applied nitrogen and 0.16 per cent of the applied phosphorus were lost to surface drainage.

With respect to applied herbicides, concentrations observed ranged from 0.01 to 4.3 µg/L for DICAMBA and 0.02 to 10.7 µg/L for MCPA. The chemical losses represent 1.8 per cent and 0.1 per cent of the amount of applied DICAMBA and MCPA respectively. Results suggest the concentrations are well below the acceptable LC_{50} limits of 10,000 µg/L for aquatic invertebrates (U.S.E.P.A. Factsheet, 1983)

Areal Distribution of Precipitation

An intensive recording rain-gauge network has been established in the Domain-Mannes research watersheds of southern Manitoba. In summer 1985, over thirty rainstorms were recorded, including five storms recorded with weather radar at Winnipeg. By calibrating the radar observations,

rainfall records of each storm can be synthesized over a large area.

The basin run-off model will be calibrated so that peak flow probability distributions can be determined. The synthesized rainfall records for different areas of each storm will be used as input to the modelled basin, just as if that part of the storm had been centered on the watershed. The Penn State Model has been calibrated for one storm in the Domain basin. Relatively small source areas were shown to produce 80% of the run-off from this event. This means that for storms with large spatial variations in rainfall, peak flow from the basin is highly sensitive to location of the storm centre.

River Basin Remote Sensing

All-weather remote sensing of hydrological targets depends on penetration of clouds by their emitted microwave radiation. Thermal microwave imagery from the Nimbus 7 satellite has been analysed for the 1984-85 winter season for central and southern Manitoba.

The imagery shows the extent of spring flooding over the Red River heavy-clay zone, as well as subsequent drying over a two-week period. Microwave brightness appears inversely related to per cent flooded area when compared with ground observations. Local air temperatures must be considered, however, so that cold spells that freeze the ponds do not confuse the relationship.

Satellite estimation of snow water equivalent is also being investigated. The accuracy of microwave snow measurement at any given time is being assessed by comparison with regional snow course data. In addition, snow measurement at a given location is being assessed using time trends from an instrumented site near Winnipeg. So far, digital maps have been prepared for 80 orbits between November 3 and April 24 over a 250,000 km^2 area, using 37 GHz data.

Land Drainage Snow-Melt Studies

The effect of drainage improvements on downstream flooding are a consequence of the interaction of drainage run-off processes. A research basin near Winnipeg was intensively instrumented during the winter of 1985-1986 with automatic data loggers, time-lapse cameras and stream gauges. Because snow-melt run-off is the significant hydrological event on the Prairies, the study focused on factors affecting timing of run-off and snow-melt. Channel-snow blockage was shown to control the detailed basin response to snow-melt inputs. The channels also affect antecedent moisture conditions by collecting adjacent snowfall and freeze-thaw snow-melt.

Preliminary tests with an event-based run-off model show the need for physically-based hydraulic modelling if the drainage effects on downstream flooding are to be assessed. The Penn State run-off model was

used to test the effect of channel improvement and 'dis-improvement' on peak run-off for a summer storm. The modelling effort is being reviewed currently for inclusion of changing channel conditions associated with snow blockage. Future land drainage designs could then be selected to reduce peak flows by increasing run-off duration.

Mountain Hydrology Section

Snow and Ice Information

All records of the Canadian glacier inventory have been transferred to Saskatoon, and the map and air photo collections have been organized for use by Institute staff and visitors. A comprehensive report on Canadian glacier mass balance and glacier variations since 1980 was prepared for the World Glacier Monitoring Service. Based on the rather limited observations made in Canada, the glaciers continue to have negative balances and retreat, although 1982 and 1983 were generally healthier years for some of the Coast Mountain glaciers. Demands for Canadian glacier data have been increasing, particularly since the publication of reports on the relationship between the recent rise in sea level and the retreat of mountain glaciers.

The winter, summer and net mass balances and equilibrium-line altitude of three glaciers (Peyto, Place and Sentinel) were compared to meteorological data from neighbouring stations for 1966-1984 by Dr. A. Letreguilly, a post-doctoral fellow from Grenoble. Peyto mass balance is almost entirely related to summer temperature, Sentinel mostly to winter precipitation and Place to both. The equilibrium line altitude of the three glaciers has the same correlation with meteorological data as the mass balance.

Ice-Cores and Climate Change, Mount Logan, Y.T.

Research has focused on the extraction of climatic and other atmospheric process information from an oxygen isotope time series covering almost the last 300 years. Data from the period 1980-1986 will be included as soon as samples are analysed. These were collected in summer 1986, at which time the borehole was relocated for logging purposes. Some preliminary results indicate that volcanic events and the oxygen signature associated with them have climatic implications.

Acid anions have been measured through major volcanic events, and significant lags between nitrate, sulfate and the halides were noticed. These data have implications for the study of acid precipitation: acid gas loading in the atmosphere also has repercussions vis-a-vis climate change scenarios.

An ice-core chemistry investigation complements and overlaps the above. A detailed ion balance study was carried out on a section of core to help interpret the

chemistry of the core in general. The carbon dioxide content of air bubbles was measured at various depths (ages), and analyses have been undertaken in conjunction with D. Raynaud and R. Delmas, of CNRS, Grenoble, France. Reports on this work will be published in 1987. Major anion analyses, through selected volcanic events, are being carried out in collaboration with P. Mayewski of the University of New Hampshire. Comparison with Greenland ice-core data is planned. Analyses of ^{210}Pb and ^{10}Be are being carried out by M. Monaghan, of the University of Chicago, in order to study the flux of these isotopes and to use them for dating if possible. Sampling includes sites other than Mount Logan.

Water Management of Glacierized Basins

Mass balance measurements were made on both Sentinel and Helm Glaciers, in the Coast Mountains of British Columbia. Although only 10 km apart, within the same elevation range and with the same aspect, mass balance results are persistently different. Sentinel Glacier had a negative balance of -0.32 m H_2O while Helm Glacier had one of -1.33 m H_2O. Melt water flow measurements at Sentinel Glacier were not renewed after the gauging station was washed away by an October flood in 1984.

Eighteen years of run-off data from Sentinel Glacier have been analysed to determine the effects of this glacier on discharge as compared to run-off from nearby unglacierized basins. Frequency analysis revealed that the Log Pearson Type III (LP-III) and the Wakeby distributions are successful estimators of the maxima of daily flows and the total July monthly flows. The Three-Parameter Log-Normal distribution provided good estimates for the total August monthly flows.

Measurements of winter and summer balances and meltwater flow were also made on Place Glacier. A slightly below average winter accumulation and warm summer produced a strongly negative mass balance of -1.31 m H_2O. This is the tenth consecutive year that Place Glacier has recorded a negative mass balance.

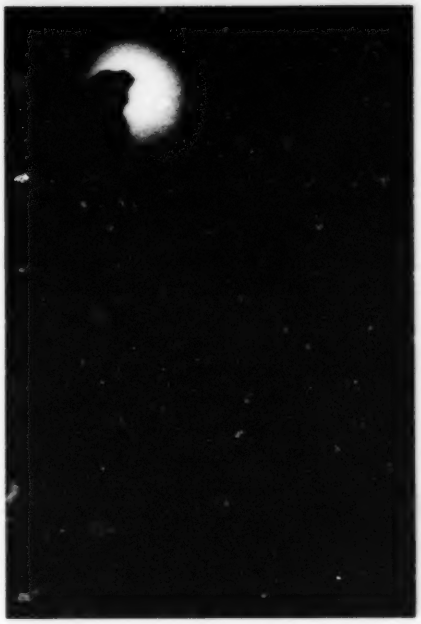
Although mass balance measurements were discontinued this year on three glaciers in the Bridge River watershed, a Data Collection Platform (DCP) below Bridge Glacier continued its operation, providing meteorological and hydrological data.

A number of visits were made to Peyto Glacier in 1985 and 1986 to determine the mass balance and to survey the glacier tongue geometry. The data are still being analysed.

Hydrology of the Mountain Snow-pack

Snow is a mixture of ice, air, and sometimes, liquid water. In collaboration with the University of California, techniques were developed for measuring the liquid water content of the snow-pack during the spring run-off using manual measurements but with a view towards larger-scale, remote-sensing techniques.

Remote-sensing measurements depend on the interaction of electromagnetic energy and snow microstructure. Techniques were developed for studying the microstructure of snow by filling snow specimens with a water-insoluble ester, freezing the ester to form a solid block and then cutting parallel planes through the block. Special polished techniques enhanced the ice-pore contrast on these section planes and photomicrographs were obtained, digitized and analysed for objective parameters which best describe the microstructure. Some progress was made towards relating the microstructure to physical properties.



Northern Hydrology Section

River Ice Break-up and Ice Jamming

Field studies of break-up and ice jamming along the Liard and Mackenzie Rivers have continued. The physical characteristics of thermal and mechanical break-ups have been identified and an ice jam stage-discharge relationship has been defined for the Liard River mouth using the theory of floating equilibrium jams. The importance of hydrothermal heat flow to the decay of ice jams has been established, and an analysis of the importance of atmospheric heat flows to ice melt and decay continues. Following the completion of a study of atmospheric energy exchanges over break-up ice covers, the relative importance of surface and subsurface heat flows to ice melt and decay will be assessed for a range of climatic conditions.

Mackenzie Delta Lake Hydrology

Field studies in the Mackenzie Delta, the largest active delta in Canada, have been carried out over the last year in order to improve our ability to predict the effect of flow regulation, pollution, and climatic change on the vast number of lakes in this delta.

This work has shown that the hydrologic regime of the lakes is dependent on their elevation. For example, low level lakes flood annually for up to 150 days/season, while perched lakes which are 6 m above sea-level flood only once every four years and for only two days/season.

Water balance studies have shown that perched lakes, which represent 75% of all lakes in the study area, receive negligible run-off from the surrounding basin, and that evaporation from the lake surface is greater than precipitation. As a result, they are entirely dependent on floodwater from the Mackenzie River, without which they would disappear. These perched lakes are therefore sensitive to small changes in the Mackenzie River water level regime.

In order to improve our ability to predict lake levels under both natural and regulated conditions, a simulation model was developed. This model is able to accurately predict natural water levels in perched lakes and could be used to predict lake levels under different Mackenzie River flow regimes.

Backwater Flooding From Ice Jamming in the Mackenzie Delta, N.W.T.

From 1980 to 1985, baseline data on the hydrologic cycle of lakes and channels throughout the Delta were collected to assess the potential environmental impact of regulation of the main stem of the Mackenzie River.

Preliminary analysis suggests that spring break-up is the most significant event. Ice jams and the resultant backwater flooding during break-up are essential to the replenishment of the delta lakes.

Water Temperature and Heat Flux in Ice-covered Rivers

Work is continuing into determining the processes controlling water temperature in ice-covered rivers and developing a model predicting both cross-channel and temporal changes in temperature. The convective heat flux from the water to the overlying ice cover has been determined. A number of techniques for calculating heat flux were compared. A major conclusion is that an ice roughness term is required and that the Colburn analogy method was in closest agreement to the measured heat flux.

Staff

Surface Water

D.K. MacKay
B. MacEwan
Dr. W. Nicholaichuk
C.S.L. Ommanney
Dr. T.D. Prowse
Dr. A. Wankiewicz
Dr. G. Holdsworth
Dr. P. Marsh
S. Fogarasi
Dr. R. Perla
S.C. Bigras
K. Best
M. Demuth
M. Lapointe
O. Mokievsky-Zubok

GROUND WATER DIVISION

Move to Saskatoon

Without question, the major event of 1986/87 was the move of the Division to Saskatoon, where it is one of the three primary research units comprising the National Hydrology Research Institute (NHRI). Of the 19 full-time employees of the Division prior to the move, only 5 relocated to Saskatoon, and in consequence major disruptions to the Division's research programs and reduction of its professional scientific strength from 15 to 10 were inevitable. However, a very beneficial longer term result of the move has been the opportunity to restructure the Division's programs to bring them more fully into line with current departmental priorities and to bring in fresh expertise to begin to explore new scientific directions.

New Scientific Directions

One of the major roadblocks to the further development of hydrogeology both as a scientific discipline in itself and as a tool for solving real world problems, is the enormous costs associated with the collection of ground water data. The situation has reached the point where the accumulation of a barely "adequate" ground water data base can only be justified for issues of the very highest priority. The result is that our analytical and predictive capabilities are constrained not by our ability to develop and construct mathematical models, but by the availability of data to calibrate and run them. There is no immediately obvious answer to this problem, at least not in terms of our current understanding of hydrogeologic and hydrogeochemical processes. A detailed understanding of fluid flow is not derived from D'arcy's Law, which is an empirical equation dependent on integrated measurements rather than on a fundamental physical and chemical understanding of the behavior of the interstitial water.

It seems that if we are ever to break out of our present dependence on very expensive field data we are going to have to develop a much better understanding of precisely what does happen underground. Accordingly, GWD is directing its scientific priorities away from the macro-scale of averaged values and empirical constants towards the micro-scale of water-mineral interactions.

To this end, the Division is concentrating on the development of the physical facilities and the expertise to address this whole question. A large-scale facility to study ground water/aquifer interactions *in situ* is currently being constructed (the Facility for Indoor Aquifer Testing [F.I.A.T]); a scanning electron microscope is on order; and various types of instrumentation are under development. Arrangements are being made to obtain access to a supercomputing service to permit the development and testing of more advanced ground water models.

Long Range Transport of Atmospheric Pollutants (LRTAP)

The Division's work on LRTAP and ground water started in 1980. Field work and the installation of instrumentation at Turkey Lakes, north of Sault Ste. Marie, Ontario, continued over the next seven years, and writing up commenced in 1985/86 and is now reaching its peak. The purpose of the initial investigations - to demonstrate that the ground water/aquifer system plays a major role in moderating the impact of acid rain on surface water bodies in the Turkey Lakes area - has now been accomplished.

Water-mineral interactions determine the ultimate ' acid sinks ' in a basin. These interactions occur chiefly during the ground water portion of the hydrologic cycle; in the Turkey Lakes watershed it is estimated that 40 to 90 per cent of streamflow has passed through the ground water flow system. As the hydrologic characteristics such as site stratigraphy, mineralogy and permeabilities controlling the water-mineral contact are highly site-specific, it follows that the effects of acid rain on any one basin will be a function of the hydrologic characteristics of the basin.

It appears that the basin response is also a function of loading rates. Although many of the acid neutralization reactions occurring in the ground water system are rapid, they are not instantaneous. Even in terrain with a measurable carbonate buffering capacity, it is possible to depress pH in a well-buffered system if H+ is added rapidly enough. In the Turkey Lakes watershed, pH has been depressed from 5.2 to 4.5 in shallow ground waters during the spring melt period. This may be symptomatic of the early stages of the acidification of ground water and the subsequently greater acidification of surface water.

At the end of 1987/88, results will have been documented in sufficient detail for operational agencies to design and conduct regional ground water surveys to assess the overall geographic significance of ground water/aquifer systems in ameliorating the impact of acid rain.

Aluminum Speciation in Ground Water

The distribution of aluminum species in the ground water flow system at two watersheds with periodically acidified ground water is being investigated as part of the Institute's acid rain study. Preliminary results indicate that there are differences in the concentration of total aluminum and in the percentage of the most biologically harmful species detected. This occurs both between the watersheds and with depth in a single watershed. The high levels of aluminum transported by acidified ground water into the surface water will affect its quality and may have serious implications for fish species which are susceptible to aluminum.

Facility for Indoor Aquifer Testing

The Facility for Indoor Aquifer Testing, currently under construction and scheduled to be operational by September 1987, will allow the study of the complex chemical reactions occurring between infiltrating water, waste products, soils and ground water. The design of the F.I.A.T. follows the concept of cylindrical laboratory column tests but on a much larger scale.

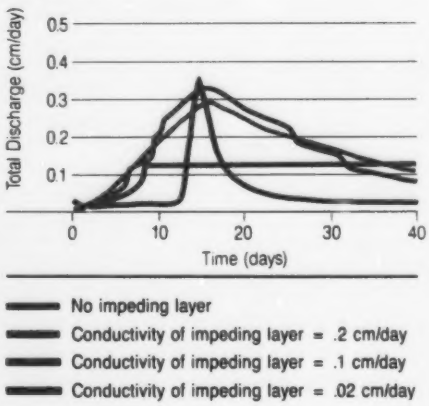
The first test to use the F.I.A.T. will examine the effects on ground water from subsurface disposal of fluidized bed combustion waste (A.F.B.C.) produced at experimental coal-fired power generating stations. The waste-site criteria will be scaled down by a factor of approximately ten, resulting in a layer of waste 80 to 100 cm thick. All conditions in the F.I.A.T. will be adjusted to stimulate a worst-case scenario.

The data resulting from this experiment will permit the evaluation of disposal methods and waste site criteria proposed for A.F.B.C. wastes in terms of minimizing ground water contamination.

Land Drainage

This year saw the completion of a model for the simulation of moisture movement through the unsaturated zone where the soil is layered and each layer has different soil-physical characteristics. An interesting result was obtained when modelling the run-off generated from a storm where there is an impeding layer at varying depths in the soil profile. As shown in the figure, discharge patterns vary greatly depending on the condition of the impeding layer. While a layer of high conductivity (.2 cm/day) has little effect, a layer of medium conductivity (.1 cm/day) results in the development of an equilibrium flow which is higher (.12 cm/day) than the saturated conductivity of the impeding layer. This is caused by the spontaneous development of an "inverse moisture gradient" in the impeding layer, in which the base of the layer is drier than the top and an inversion of the average gradient develops over the profile. The possibility of such an inverse gradient is generally overlooked. In contrast, where conductivity of the impeding layer is extremely low, a sharp, flood-like rise in discharge occurs between days 13 and 20. The observed high variation in discharge patterns where an impeding layer is present gives us new insight into the potential effects which soil management techniques aimed at modifying soil structure may have on discharge patterns.

DISCHARGE
when there is an impeding layer in the soil



Ground Water Models

Developed during the year were two new and still rather experimental methods for the numerical solution of partial differential equations used in the study of ground water flow. One method is based on the use of a hybrid method of computation in which the space-dependent part of the equation is expressed in finite difference or finite element form and the resultant set of time-dependent, simultaneous differential

equations is solved analytically using eigen theory.

The other method uses a complete finite-difference scheme to express the differential equation in matrix form. By a slight sleight of hand – which, however, is completely above board mathematically – the matrix equation is transformed to permit stepwise solution by repeated multiplication of the matrix. This is equivalent to "stepping through time" with exponentially increasing time steps. In some modelling problems either of these methods can significantly speed up the solution.

Pesticides in Ground Water

The research focus on toxic chemical ground water issues is moving away from the point source kind of problem (e.g. chemical dumps) towards more pervasive and diffuse sources (e.g. pesticides in ground water).

Diffuse or unknown sources of ground water contamination present a different kind of problem in that it is extremely difficult to apply current ground water methods to such problems. For example, the whole concept of tracing and predicting the development of a contaminant plume has little meaning if there is no identifiable point source for the contamination. How to deal with ground water contamination from non-point sources is accordingly an important research concern. One of the most important classes of ground water contaminants for which specific sources often cannot be identified is pesticides. At present about all that can be said with certainty is that "pesticides in ground water" is an issue of widespread concern across Canada, and that pesticides have been detected in some ground water bodies in several places across the country. Whether these occurrences are in effect isolated instances of point source contamination or indicative of general, widespread contamination of ground water by pesticides is yet to be determined. GWD has expanded its existing activities in this area by initiating a major new national research program on pesticides in ground water, the first stage of which is to assess the scope and nature of the problem.

As a preliminary step in assessing the scope of the problem, the GWD has initiated a study to identify the most used pesticides and the geographical distribution and purpose of use, evaluate the potential of high-use pesticides to leach into ground water, and identify the toxicity of these pesticides both to the environment and to human health. Based on these criteria, a rating scheme will be developed to prioritize the pesticides of greatest concern. The results of the pesticide inventory study will be used to determine which pesticides will be tested for field projects, and also as background information for other pesticide studies.

Pesticide Field Studies

In 1986/87, pesticides field studies continued at Abbotsford and Osoyoos, B.C., and Nokomis, Sask., and a new site was established at Taber, Alta.

Lake Osoyoos, an international water body, is located in an area of intensive cultivation of fruit orchards where sprinkler irrigation is used and a variety of pesticides are applied. Ground water is a major source of water entering the lake via seepage from shallow, unconfined, permeable aquifers which are very susceptible to contamination. Ground water seepage measurements from 32 separate stations ringing the Canadian portion of Lake Osoyoos were collected in order to quantify spatially and temporally the flux of ground water through the bottom of the lake. Water level measurements in wells and piezometers at Osoyoos and Abbotsford were also collected. These data will be used in the interpretation of the ground water quality samples when collected.

Analyses of samples from the shallow sand aquifer near Nokomis have indicated traces of 2,4-D in one or two piezometers, but attempts to confirm these analyses using resin canisters for sample collection could not be successfully concluded by the laboratory.

Piezometers were installed near Taber, in an irrigated area where special crops such as carrots, onions, potatoes and other vegetables are grown. Ground water samples will be collected in subsequent years to check for the presence of pesticides used in the area.

Northern Toxic Rain

Another area where non-point sources of ground water contamination may be important is in the north, where toxic precipitation may be affecting ground water quality. GWD is planning a modest research study on this topic as part of its activities in northern Canada.

Deep Well Disposal

Deep well disposal of wastes, especially heavy-oil industry wastes, is an issue of particular concern to western Canada. For the last several years NHRI/GWD has been providing scientific leadership to a largely contracted research program on this topic. Funding has been provided by the Interdepartmental Panel on Energy Research and Development. This program involves a co-operative approach together with industry, provinces and other elements of the Department. It is likely that most of the work will continue to be contracted.

Theoretical and laboratory studies of the effects of wastewater injection into the subsurface at *in situ* heavy oil pilot plants have focused on three issues:

1) the identification of constraints on subsurface fluid waste injection, and a regional reconnaissance of deep aquifers beneath oil sand and heavy oil areas
2) the characterization of the chemical composition of wastewaters from pilot plants
3) investigation of the attenuation of organic wastes in formation waters.

To verify the findings of the theoretical and laboratory studies, the feasibility of installing a field monitoring site in the Cold Lake area was investigated in 1986/87. The recommended program is to conduct a full suite of tests in a recently drilled borehole near an existing wastewater disposal facility. More detailed investigations will be conducted during the coming year to identify specific sites.

Contributions to Guideline Development

It is a truism that "prevention is better than cure" and this applies to ground water contamination just as it does to other areas. When contemplating the enormous costs associated with cleaning up aquifers contaminated by chemical dumps or by leaking underground storage tanks, it is clear that the real solution to these problems lies in preventing contamination from happening in the first place, rather than attempting to remedy the situation after the contamination has occurred. GWD is planning to play a more active role in the prevention of

contamination by contributing to the development of guidelines, regulations, etc. for practices such as deep-well disposal.

Wood Buffalo National Park

It is believed that water levels in the small lakes and ponds in the breeding area of whooping cranes in Wood Buffalo National Park are largely controlled by discharge from ground water. This study was developed to determine the long-term viability of these lakes and ponds. A report documenting piezometer installation and providing initial data analyses was submitted to Parks Canada in 1986. Preliminary results indicate that:

1) precipitation and run-off alone do not seem to be sufficient to maintain water levels in the ponds so there must be a contribution from ground water
2) ground water flow is toward the ponds in the intervening shallow peat and bog areas.

Long-term water-level monitoring in the ponds and in piezometers at three sites near the ponds was continued in 1986. In future years the long-term monitoring will be supplemented by the collection of additional chemical and hydrological data as well as aerial photographic interpretation coupled with satellite imagery analysis. This will enable us to further define recharge and discharge areas in this type of terrain.

Ground Water in the North

Research on the fundamental processes occurring in ground water and permafrost (which is only another form of ground water) in the North has traditionally been neglected, primarily because of the high costs of conducting sub-surface investigations. GWD believes that the time is now opportune to investigate these processes, mainly because of the increasing concern about climatic change and the fact that the impacts of climatic change are likely to be greatest in the North, both in terms of temperature rise (as much as 3-5°C in the mean annual temperature in some areas of the Arctic) and the generally accepted high environmental sensitivity of the North to all kinds of change. If temperature changes of this magnitude do occur, the prospect looms of permafrost thawing over vast areas of the north with, at present, largely unforeseeable consequences. In 1987 88, the Division plans a modest field program to gain familiarity with the techniques required to better define the scientific and technical dimensions of the problem. It is anticipated that GWD's −55°C cold room will be an invaluable asset in these studies, both for instrumentation development and physical modelling. Field work for this study will be closely co-ordinated with the work required for the northern toxic rain studies.

Ground Water for Economic Development

Much attention is currently being given by water resource managers to water availability/demand models, and much publicity to the need to restrain demands through measures such as water pricing. The implicit assumption here is that water availability is approaching and in some basins has reached its limits. Whereas it makes sound sense to abolish the more wasteful uses of water, GWD is by no means sure that all feasible ways of augmenting water availability have been explored adequately. From the ground water point of view, the feasibility of using artificial recharge on a variety of scales has never been researched on a systematic basis. The possibility of using conjunctive ground water/surface water development and management to improve the adequacy of water supplies receives passing mention from time to time, but no serious scientific or technical studies have been carried out. GWD is initiating several studies in this area, although they are necessarily restricted by the availability of resources.

Staff
Ground Water
J.A. Gilliland
P. Kerr
G. Grove
Dr. L.M. Johnston
A. Vandenberg
Dr. H. Chew
D. McNaughton
D. Craig
M. Griffin

AQUATIC ECOLOGY DIVISION

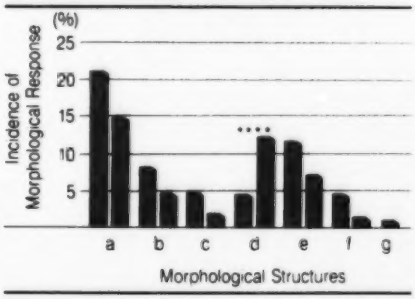
The Aquatic Ecology Division (previously called the Limnological Research Division) has been carrying out research in three areas: (1) the biogeochemistry of mercury and other potentially toxic heavy metals in lakes and river-lake systems; (2) primary production in rivers; and (3) pathological effects of toxic contaminants on chironomid larvae in lakes.

The heavy metal research included a Canada Water Act project (part of a special Canada-Manitoba interagency study) on the mercury problem caused by creation of hydroelectric reservoirs along the Churchill River diversion route in northern Manitoba. There was also a project on mercury in the mercury-polluted Moose Jaw River-Qu'Appelle River system in southern Saskatchewan and a project on the speciation and bio-availability of copper, cadmium, and zinc in polluted lakes near the mining and smelting complex at Flin Flon, Manitoba (performed in collaboration with a scientist at the Freshwater Institute, Winnipeg). The studies have shown that increased loading of organic nutrients in rivers and lakes owing to the flooding of land (in northern Manitoba) or the presence of sewage and algal blooms (in southern Saskatchewan) has caused increased microbial production of toxic, bio-available methyl mercury from inorganic mercury present in the environment. Thus, environmental alterations which increase biological productivity may create a mercury problem where none existed before or may make an existing problem worse. These results have implications for government policies concerning reservoir creation and water quality.

The study of primary production in rivers utilized apparatus specially constructed to simulate fluvial conditions. The experiments, which were performed on the bank of the South Thompson River, British Columbia, showed that the growth response of algae under the experimental conditions reached a plateau after addition of only minute quantities of dissolved phosphate. The results, if applicable to natural river environments, may have implications for the formulation of water quality policy concerned with nutrient pollution and the prevention of excessive eutrophication.

The chironomid research demonstrated the potential value of various abnormalities occurring in chironomid morphology for the

COMPARISON OF THE INCIDENCE OF MORPHOLOGICAL DEFORMITIES in *Chironomus plumosus* type larvae

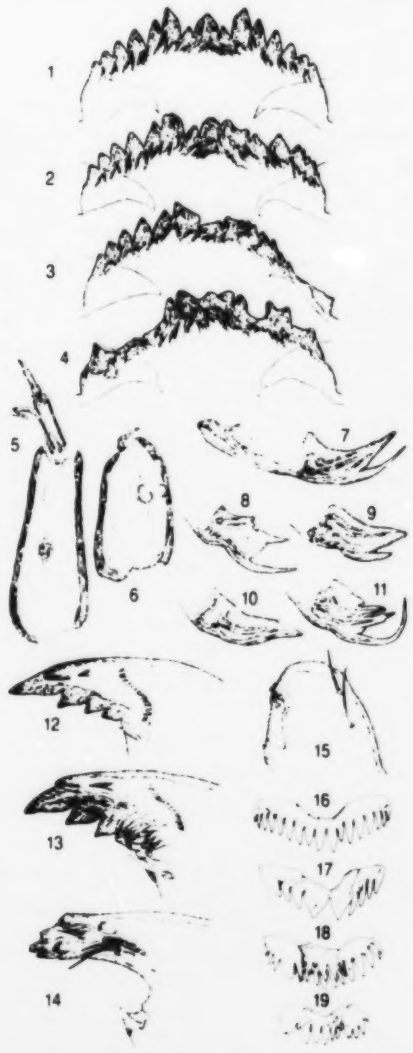


Site 2a, Tobin Lake
Site 17a, Tobin Lake

a) menta
b) mandibles
c) premandibles
d) antennae
e) epipharyngeal pecten
f) labral lamellae
g) labral setae

Note: Asterisks indicate significance of differences in proportions of antennal deformities between the two sites.

MORPHOLOGICAL DEFORMITIES
in the mouthparts of *Chironomus Meigen*



1 – normal menta
2,3,4 – deformed menta
5 – normal antennae
6 – deformed antennae
7 – normal premandibles
8,9,10,11 – deformed premandibles
12 – normal mandibles
13,14,15 – deformed mandibles
16 – normal epipharyngeal pecten
17,18,19 – deformed epipharyngeal pecten

detection and assessment of harmful effects of toxic pollutants on aquatic communities. The results of many years' intensive research have shown that chironomid deformities can be used as the basis for an early-warning system to detect sublethal toxic effects of contaminants. Comparison of chironomid specimens from two sites in Tobin Lake, Saskatchewan, which differ in their degree of exposure to toxic wastes, demonstrated that the frequency of chironomid deformities was generally significantly greater at the more polluted site. This field of research holds promise for both pure and applied study of the impact of toxic chemicals on freshwater ecosystems.

Biological Assessment of Contaminant Stress: Morphological Deformities in Chironomid Larvae

Contamination of the environment by chemical wastes poses one of the most serious threats to the quality of life in Canada and the world today. The number of chemicals, their degradation products and the products of synergistic interaction have overwhelmed the capabilities of traditional chemistry and toxicology methods to accurately assess this threat. As a result, biological methods based on the study of communities living directly in the area of impact are being developed in order to determine the health of freshwater lakes and streams.

Morphological deformities in chironomid larvae (midge) have shown considerable potential as a tool for detecting and assessing the effects of contaminants in such systems. Deformities may range from mildly abnormal mouthparts to the grotesque thickening and fusing of all body structures. In the latter case, thickening and fusing of individual structures can lead to the complete loss of structural integrity, a state which makes the continued survival of the animal difficult to comprehend. Although less dramatic, the milder types of deformities (see figure this page) in the mentum (teeth), mandibles, premandibles, antennae, epipharyngeal pectin, labral lamellae, labral setae and other structures are probably more instructive in the sense of providing early warning criteria for the detection and assessment of environmental contaminants.

Indices based on the deformation of these structures are currently being developed for the role in detection and assessment.

A comparison of two sites in Tobin Lake, Saskatchewan, one (Site 2) directly exposed to the flow of the contaminated Saskatchewan River and the other (Site 17) only indirectly exposed, shows (see figure page 17) that the frequency of deformities in most structures is greater at the former site as befitting its greater state of contamination. The single exception to this rule was the antennal index which was higher at the less contaminated site. This apparent anomaly suggests that some other factor, environmental or physiological, may be operating. Morphological techniques are still in the early stages of development and conundrums like this will undoubtedly be resolved as our knowledge of physiological responses to contaminants increases.

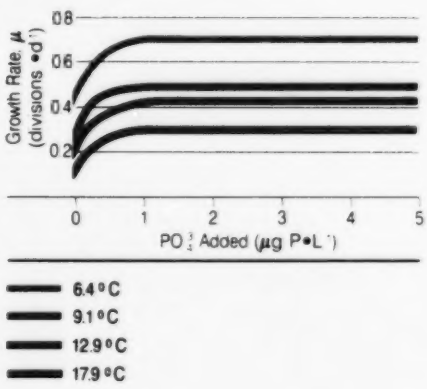
Experimental River Ecology

The Experimental Troughs Research Apparatus (EXTRA) of Environment Canada, located near Chase, British Columbia, was established in 1984 to provide the department with a research capability for quantifying the effects of various pollutants on the ecology of river systems. The facility utilizes highly advanced technology to determine microbial physiological responses in flowing water, and is the most sophisticated facility of its kind in North America.

For the past three years, research at EXTRA has focused on the effects of nutrients (primarily phosphorus) on the autotrophic production in rivers. This work has clearly shown that the growth response of algae in rivers as a function of phosphorus enrichment shows saturation kinetics and that the concentration of phosphorus above which there is no longer an effect is extremely low . This information has major implications for the establishment of water quality objectives for rivers in Canada and for the regulation of nutrient pollutants in certain rivers.

Continuing experiments at EXTRA will examine the effects of toxic substances and the interactions between nutrient enrichment and toxic materials.

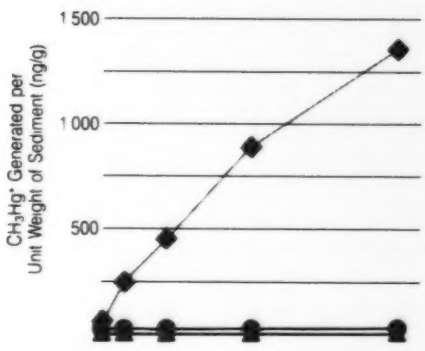
ATTACHED ALGAL COMMUNITY GROWTH RATES
as a function of added orthophosphate concentration at different times of the year (ie: different temperatures)



Staff
Aquatic Ecology
Dr. M.L. Bothwell
P. Trischuk
Dr. B.C. Kenney
R. Kirkland
Dr. W.F. Warwick
Dr. T.A. Jackson
E. Marles
C. Casey
K. Supeene
E. Carmack
J. Tisdale
J. Mollison

Figure 1

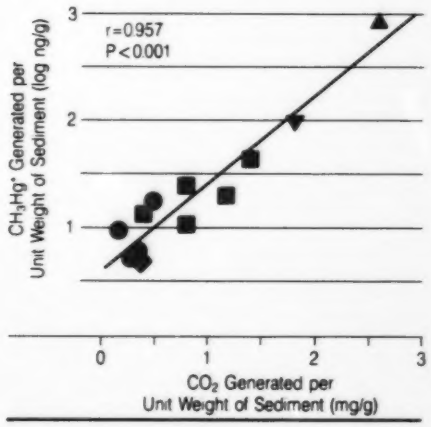
METHYL MERCURY PRODUCTION by sediments



- Methyl Bay, Southern Indian Lake flooded forest zone
- Methyl Bay, Southern Indian Lake offshore zone (pre-impoundment lake bottom)
- Granville Lake a "control" site

Figure 2

RELATIONSHIP BETWEEN METHYL MERCURY AND CO_2 PRODUCTION in sediments



- Methyl Bay, Southern Indian Lake
- Offshore Sites, Southern Indian Lake
- Notigi Reservoir Lakes
- Granville Lake
- East Mynarski Lake

Biochemical Research

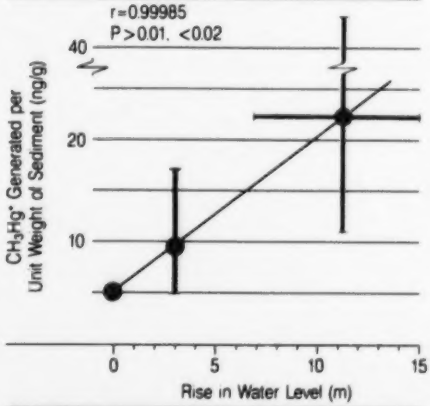
1986-87 saw the completion of a report on the results of a Canada Water Act project on the mercury (Hg) problem caused by hydroelectric development in northern Manitoba. The study was part of a special group study funded under the auspices of the Canada-Manitoba Agreement on the Study and Monitoring of Mercury in the Churchill River Diversion, and the report will soon be published as a chapter in the final report of the study group. The research demonstrated that enlargement of riverine lakes to form reservoirs caused a large increase in rates of Hg methylation owing to stimulation of microbial activity by recently submerged terrestrial organic matter. This, in turn, led to accelerated accumulation of Hg by fish. No Hg pollution was involved; environmental alteration accelerated production of methyl Hg from low-level diffuse sources of nonmethyl Hg already present in the region. Total Hg supply was less important than environmental factors controlling rate of methylation. Experiments showed that methylation rates in sediments were orders of magnitude higher in areas of flooded land than in offshore areas of old (pre-impoundment) lake bottom (Fig. 1). Methyl Hg production rate correlated with microbial activity as measured by CO_2 production (Fig. 2) and was proportional to the post-impoundment rise in lake level, which determined the abundance of submerged terrestrial organic matter available as nutrient substrates for methylating microbes (Fig. 3). In addition to organic nutrients, the effects of clay minerals, oxides, sulfides, pH, and oxidation-reduction conditions were also investigated.

A paper on Hg in the Hg-polluted Moose Jaw-Qu'Appelle River system of southern Saskatchewan and its lakes was published in the *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. This work showed that stimulation of microbial activity by organic nutrients from sewage and algal blooms is primarily responsible for regional and seasonal variations in methyl Hg levels, whilst the distribution of inorganic Hg (the precursor of methyl Hg), as in northern Manitoba, has far less effect.

A research project on the speciation of copper, cadmium, and zinc in relation to the availability of the metal species to fish in polluted lakes near Flin Flon, Manitoba, was initiated and completed. The results will be evaluated in the course of the 1987-1988 fiscal year.

Figure 3

RELATIONSHIP BETWEEN MEAN CH_3Hg^+ – producing capacity of "offshore" reservoir and control sediments AND THE MEAN RISE IN WATER LEVEL caused by the Churchill-Nelson River diversion



- Notigi Reservoir
- Southern Indian Lake
- Granville Lake

STAFF SERVICES DIVISION

The Staff Services Division provides centralized administrative, financial, property management, materiel management, records management, word processing and scientific report services to all Conservation & Protection Services elements. It also provides support services, through a memorandum of understanding, to two units of the Atmospheric Environment Services, located in the National Hydrology Research Centre.

Administrative Services Section

The Administrative Services Section is responsible for providing administrative and financial support to National Hydrology Research Centre occupants, with the exception of Atmospheric Environment Service/Meteorological Inspection Office (AES/MIO). It also provides various administrative support services to the director, including study plans, long-term operational plans, work plans and multi-year operational plans. In addition, it provides Institute-wide services such as compiling conference travel plans, chairing the contracts review committee, membership on the health & safety committee; labour-management committee, fire emergency committee, and participation in the information technology committee; administration of the Access to Information Act; preparing and analyzing monthly reports on the utilization of the Institute's person-year resources; coordinating all staffing related activities with Conservation & Protection Services Regional Personnel Office, Regina, and implementing office automation procedures. The section also provides supervisory functions to word processor users.

This year, being our first year of operation, a great deal of our resources were devoted to implementing systems necessary for operations of the automated financial management system (AFMAS), procurement, central registry services and the physical relocation of employees and their families as well as equipment formerly located in 13 field offices, laboratories or warehouses.

The Section co-ordinated the official opening ceremonies held in October 1986.

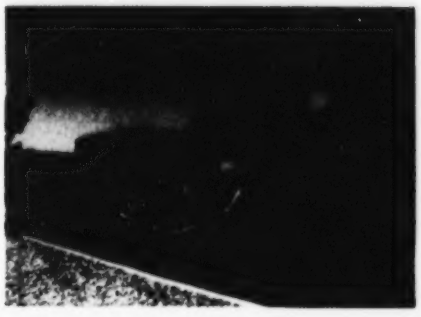
Tours were organized throughout the year for local and visiting scientists and central agency groups.

Building and Property Service Section

The National Hydrology Research Centre is situated on a 2.5 hectare property located in Innovation Place, a research park north of the University of Saskatchewan campus in Saskatoon. The building has a total gross area of 10,975 m^2, consisting of two major floor levels with a partial third floor dedicated to mechanical equipment. Due to the complexity of the building, an automated computer system provides a broad range of data gathering and automatic control capabilities suitable for HVAC monitoring and energy management functions.

The Building and Property Services Section is responsible for the physical operation and maintenance of the building, intrinsic equipment and the grounds and parking lots within the confines of the National Hydrology Research Centre. It also provides technical assistance and advice concerning alterations, modifications and equipment installation and operations for all tenants of the Centre.

The Section is run by a property manager and an assistant. All remaining individuals required for the day-to-day



operation are contracted out to the private sector. This involves some 22 separate contracts.

The National Hydrology Research Institute took occupancy of the Centre in mid-April 1986 from Public Works Canada with many items still outstanding at take-over. The remainder of the fiscal year was devoted almost entirely to negotiations with architects, engineers, contractors, Public Works Canada and departmental heads.

Materiel Management Section

The Materiel Management Section is responsible for providing procurement, inventory control, assets management, disposal, warehousing and stores and shipping/receiving services to all Conservation & Protection Service agencies located at the Centre. Major undertakings during the fiscal year included installation of the central warehouse and the manual stock control system, which involved the sorting, distribution, recording and disposal of equipment located in 13 locations throughout Canada. Implementation of an automated procurement system was completed in the purchasing unit, and the equipment distribution record system was automated.

In the area of telecommunications, extensive installations were completed throughout the year. The initial system allowed only for voice communication. After the arrival of employees additional voice and data systems had to be installed.

Financial Services Section

The Financial Services Section provides centralized computer accounting services for all units at the National Hydrology Research Centre (NHRI, Water Quality Branch, and AES, *Canadian Climate* Centre). The section is also responsible for providing liaison with other federal, provincial and municipal government departments, central agencies and suppliers concerning payment of accounts. In addition, this section participates in the planning process through financial and human resource plans and main estimates.

Central Registry Section

This section provides mail service to all occupants of the Centre. Registry services such as courier, telecopier, photocopying, and disposal through Public Archives are also carried out for the five divisions of National Hydrology Research Institute.

Graphics Section

The Graphics Section provides graphics support for visual presentations, displays and printing needs as well as technical and cartographic illustration of publication-quality to all staff of the National Hydrology Research Centre. Overhead projections and slide programs are prepared for seminar use and photographic services are provided for publications and displays. Outside sources are utilized for printing, photo processing and drafting; however, some graphics work and photography and the majority of design is produced using in-house facilities. During 1986 87 the Section researched the Centre's audio-visual requirements and established an inventory primarily for use in scientific field studies.

Other notable projects included the design of a feature wall for the National Hydrology Research Centre lobby, furniture and office layouts for the library and Staff Services Division and the design of new covers for National Hydrology Research Institute publications.

Staff
Staff Services
M.A. McPhee
B. Baker
S. Tippins
B. Lloyd
B. Waldbauer
H. Black
B. Badger
R. Blanchette
B. Doell
C. Fabbro
R.J. Lere
P.K. Gregory

PUBLICATIONS

Adams, W.P. and Prowse, T.D. with Bilello, M.A. Eliassen, E., Freysteinsson, S., Laasanen, O., Pangburn, T., Raab, B., Tesaker, E. and Tvede, A., 1986. Techniques for measurement of snow and ice on freshwater in Nordic countries. In - Field Measurements under Winter Conditions. H.S. Santeford (Compiler). Proceedings of 6th International Northern Research Basins Symposium/Workshop, 26-30 January 1986, Houghton, Michigan, U.S. National Committee for Scientific Hydrology, Working Group on Northern Research Basins, 133-182.

Bigras, S.C., 1986. Lake regimes, Mackenzie Delta, N.W.T., 1982 and 1983. Internal Report, Surface Water Division, National Hydrology Research Institute, Environment Canada, Ottawa, Ontario, April, 63 pp.

Bottomley, D.J., Craig, D., and Johnston, L.M., 1986. Oxygen-18 studies of snowmelt run-off in a small Precambrian watershed: Implications for streamwater acidification in acid-sensitive terrain. Journal of Hydrology, vol. 88, 213-234.

Campbell, C.A., Nicholaichuk, W., Zentner, R.P. and Beaton, J.D., 1986. Snow and fertilizer management for continuous zero-till spring wheat. Canadian Journal of Plant Science, 66(3), 535-551.

Campbell, C.A., Zentner, R.D., Nicholaichuk, W., Beaton, J.D. and Parker, G.E., 1986. Snow and fertilizer management for spring wheat grown on zero till. Proceedings of the Symposium, Snow Management for Agriculture, H. Steppuhn and W. Nicholaichuk (Editors), 1985, Swift Current, Saskatchewan, Great Plains Agricultural Council Publication No. 120, University of Nebraska, Lincoln, 375-399.

Champoux, A. and Ommanney, C.S.L., 1986. Evolution of the Illecillewaet Glacier, Glacier National Park, B.C., using historical data, aerial photography and satellite image analysis. Proceedings of the Symposium on Glacier Mapping and Surveying, 26-29 August 1985, Reykjavik, Iceland, Annals of Glaciology, Vol. 8, 31-33.

Champoux, A. and Ommanney, C.S.L., 1986. Photo-interpretation, digital mapping, and the evolution of glaciers in Glacier National Park, B.C. Proceedings of the Symposium on Glacier Mapping and Surveying, 26-29 August 1985, Reykjavik, Iceland, Annals of Glaciology, Vol. 8, 27-30.

Clarke, G.K.C., Schmok, J. and Ommanney, C.S.L., 1986. Characteristics of surge-type glaciers. Proceedings of the Symposium on Glacier Mapping and Surveying, 26-29 August 1985, Reykjavik, Iceland, Annals of Glaciology, Vol. 8, abstract, 197.

Clarke, G.K.C., Schmok, J.P., Ommanney, C.S.L. and Collins, S.G., 1986. Characteristics of surge-type glaciers. (Paper 5B5680). Journal of Geophysical Research, 91(B7), 10 June, 7165-7180.

Gray, D.M., Nicholaichuk, W. and Granger, R.J., 1986. Snowmelt infiltration to uncracked, cracked and subsoiled frozen soils. Proceedings of the Symposium, Snow Management for Agriculture, H. Steppuhn and W. Nicholaichuk (Editors), 1985, Swift Current, Saskatchewan, Great Plains Agricultural Council Publication No. 120, University of Nebraska, Lincoln, 299-319.

Haas, J., 1986. Comparison of ground and airborne snow surveys of the Saint John River basin - March 1984. Internal report, Surface Water Division, National Hydrology Research Institute, Environment Canada, Ottawa, Ontario, April, 25 pp.

Holdsworth, G., 1986. Evidence of a link between atmospheric thermo-nuclear detonations and nitric acid. Nature, 324(6097), 11 December, 551-553.

Holdsworth, G., 1986. Ice shelf creep rates and the flow law of ice. Nature, 319(6056), 27 February, 727.

Howarth, P.J. and Ommanney, C.S.L., 1986. The use of LANDSAT digital data for glacier inventories. Proceedings of the Symposium on Glacier Mapping and Surveying, 26-29 August 1985, Reykjavik, Iceland, Annals of Glaciology, Vol. 8, 90-92.

Jackson, T.A., 1986. Methyl mercury levels in a polluted prairie river-lake system: seasonal and site-specific variations, and the dominant influence of trophic conditions. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences *43*, 1873-1887.

Jasper, S. and M.L. Bothwell, 1986. Photo-synthetic characteristics of lotic periphyton. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences *43*, 1960-1969.

Klemes, V., 1986. Dilettantism in hydrology - transition or destiny? Water Resources Research, 22(9), Supplement, August, 59S-70S.

Klemes, V., 1986. Hydrological uncertainty in water management context. IAHS Publication No. 147, Proceedings, 18th I.U.G.G. General Assembly, Hamburg, 1983, International Union of Geodesy and Geophysics, 175-186.

Klemes, V., 1986. Operational testing of hydrologic simulation models. Hydrological Science Journal, 31(1), 13-24.

Lapointe, M.F., 1986. Deep scour holes on the bed of Mackenzie Delta channels. N.W.T. Internal report, Cold Regions Section, Surface Water Division, National Hydrology Research Institute, Environment Canada, Ottawa, Ontario, April, 36 pp.

Lapointe, M.F., 1986. Mackenzie Delta channel dynamics: miscellaneous data. Internal report, Cold Regions Section, Surface Water Division, National Hydrology Research Institute, Environment Canada, Ottawa, Ontario, April, 12 pp.

Lapointe, M.F. and Carson, M.A., 1986. Migration patterns of an asymmetric meandering river: the Rouge River, Quebec. Water Resources Research, 22(5), May, 731-743.

MacAyeal, D.R. and Holdsworth, G., 1986. An investigation of low-stress ice rheology on the Ward Hunt Ice Shelf. (Paper No. 5B5808). Journal of Geophysical Research, 91(B6), 10 May, 6347-6358.

Marsh, P., 1986. Modelling water levels for a lake in the Mackenzie Delta. Proceedings of the Symposium: Cold Regions Hydrology, D.L. Kane (Editor), 22-25 July 1986, Fairbanks, Alaska, American Water Resources Association Technical Publication Series No. TPS-86-1, Bethesda, Maryland, 23-29.

Mokievsky-Zubok, O., 1986. Glacier mass balance results for 1985 in southwestern and northern British Columbia. Internal report, Glacier Section, Surface Water Division, National Hydrology Research Institute, Environment Canada, Ottawa, Ontario, February, 15 pp.

Mokievsky-Zubok, O., 1986. Glaciological studies in Bridge River basin in 1985. Internal report, Glacier Section, Surface Water Division, National Hydrology Research Institute, Environment Canada, Ottawa, Ontario, January, 21 pp.

Mokievsky-Zubok, O., 1986. Glaciological studies in Homathko River basin in 1985. Internal report, Glacier Section, Surface Water Division, National Hydrology Research Institute, Environment Canada, Ottawa, Ontario, February, 17 pp.

Nicholaichuk, W., 1986. Hydrology research needs. Report, 20th Annual Convention.

Conservation and Development Association, 26 March 1986, Saskatoon, Saskatchewan, 13-19.

Nicholaichuk, W., 1986. Hydrology research opportunities in western Canada. CSAE Paper No. 86-306, Annual Meeting, Canadian Society of Agricultural Engineers, 6-10 July 1986, Saskatoon, Saskatchewan, 14 pp.

Nicholaichuk, W., 1986. Soil moisture management. Proceedings, Tillage and Soil Conservation Symposium, 14 July 1986, Indian Head, Saskatchewan, Indian Head Experimental Farm, Research Branch, Agriculture Canada, 77-92.

Nicholaichuk, W. and Gray, D.M., 1986. Snow trapping and moisture infiltration enhancement. Proceedings of the Symposium, Moisture Management in Crop Production, Fifth Annual Western Provinces Conference, Rationalization of Soil and Water Research and Management, 18-20 November 1986, Calgary, Alberta, Alberta Agriculture, 73-84.

Nicholaichuk, W., Gray, D.M., Stepphun H. and Dyck, F.B., 1986. Snow management practices for trapping snow in a Prairie environment. Proceedings of the Symposium, Snow Management for Agriculture, H. Stepphun and W. Nicholaichuk (Editors), 1985, Swift Current, Saskatchewan, Great Plains Agricultural Council Publication No. 120, University of Nebraska, Lincoln, 477-499.

Nobert, M., and Barrie, W., 1986. Ground water conditions, Wood Buffalo National Park, NWT. NHRI Internal Report, Ground Water Division, National Hydrology Research Institute.

Ommanney, C.S.L. (Editor), 1986. ICE, News Bulletin of the International Glaciological Society, No. 80, 1st Issue, 28 pp.

Ommanney, C.S.L., 1986. Mapping Canada's glaciers since 1965. Proceedings of the Symposium on Glacier Mapping and Surveying, 26-29 August 1985, Reykjavik, Iceland, Annals of Glaciology, Vol. 8, 132-134.

Ommanney, C.S.L., 1986. Studies of glacierized basins of mainland Canada. In: Workshop on Alaskan Hydrology: problems related to glacierized basins, C. Benson, W. Harrison, J. Gosink, S. Bowling, L. Mayo and D. Trabant (Editors), Report No. UAG R-306, Geophysical Institute, University of Alaska, Fairbanks, Alaska, abstract, A28-A30.

Ommanney, C.S.L., 1986. Report of the Advisory Committee on Glaciological and Alpine Nomenclature/Rapport du comité consultatif de la nomenclature glaciologique et alpine. Canoma, 12(2), December/décembre, 22-24.

Ommanney, C.S.L., 1986. The Advisory Committee on Glaciological and Alpine Nomenclature: a ten-year retrospective view/Le comité consultatif de la nomenclature glaciologique et alpine: une retrospective decennale. Canoma, 12(2), December/décembre, 24-28.

Perla, R.I., Dozier, J. and Davis, R.E., 1986. Preparation of serial sections in dry snow specimens. Journal of Microscopy, 141(1), 111-114.

Prowse, T.D., 1986. Ice jam characteristics, Liard-Mackenzie River confluence, Canadian Journal of Civil Engineering, 13(6), 653-665.

Prowse, T.D., 1986. 1985 breakup and ice jam observations, Liard and Mackenzie rivers near Fort Simpson, N.W.T. NHRI Internal report, National Hydrology Research Institute, Environment Canada submitted to Water Resources Division, Department of Indian and Northern Affairs, 38 pp.

Prowse, T.D., 1986. River ice monitoring. In-Field Measurements under Winter Conditions, H.S. Santeford (Compiler), Proceedings of 6th International Northern Research Basins Symposium/Workshop, 26-30 January 1986, Houghton, Michigan, U.S. National Committee for Scientific Hydrology, Working Group on Northern Research Basins, 69-82.

Prowse, T.D., 1986. Recommendations for site-specific observations of river ice. Proceedings, 42nd Annual Eastern Snow Conference, 6-7 June 1985, Montréal, Quebec, 111-125.

Prowse, T.D. and Stephenson, R.L., 1986. The relationship between winter lake cover, radiation receipts and the oxygen deficit in temperate lakes. Atmosphere-Ocean, 24(4), 386-403.

Raven, K.G., 1986. Hydraulic characterization of a small ground-water flow system in fractured monzonitic gneiss. Inland Waters Directorate Scientific Series 149, NHRI Paper No. 20.

Sangal, B.P., 1986. Recursion formula for unit hydrographs. Canadian Journal of Civil Engineering, 13(3), 386-388.

Sangal, B.P., 1986. Recursion formula for unit hydrographs/Relation de récurrence pour les hydrogrammes unitaires. NHRI Paper No. 29/Rapport nº29 de l'INRH, IWD Technical Bulletin No. 141, Étude nº141 collection des rapports techniques de la DGEI, National Hydrology Research Institute/Institut national de recherches en hydrologie, Inland Water Directorate/Direction générale des eaux interieurs, Environment Canada/Environnement Canada, Ottawa, Ontario, 14 pp.

Sherstone, D.A., Prowse, T.D. and Gross, H., 1986. The development and use of "hot-wire" and conductivity type ice measurement gauges for determination of ice thickness in Arctic rivers. Proceedings of the Symposium: Cold Regions Hydrology, D.L. Kane (Editor), 22-25 July 1986, Fairbanks, Alaska, American Water Resources Association Technical Publication Series No. TPS-86-1, Bethesda, Maryland, 121-129.

Sherstone, D.A., Prowse, T.D. and Gross, H., 1986. "Hot-wire" and conductivity type gauges for ice thickness determination; Mackenzie Delta, Northwest Territories, Proceedings, 4th Workshop on Hydraulics of River Ice, 19-20 June 1986, École Polytechnique de Montréal, Volume I, B-1.1 - B-1.25.

Stepphun, H., Erickson, D., Nicholaichuk, W. and Zentner, R.P., 1986. Benefit/cost ratios for snow management techniques in semi-arid climates. Proceedings of the Symposium, Snow Management for Agriculture, H. Stepphun and W. Nicholaichuk (Editor), 1985, Swift Current, Saskatchewan, Great Plains Agricultural Council Publication No. 120, University of Nebraska, Lincoln, 613-656.

Steppuhn, H. and Nicholaichuk, W., 1986. Managing snow to extend the areal range of winter wheat production. Proceedings, 54th Annual Meeting, Western Snow Conference, 15-17 April 1986, Phoenix, Arizona, 30-40.

Steppuhn, H. and Nicholaichuk, W. (Editors), 1986. Proceedings of the Symposium Snow Management for Agriculture held at Swift Current, Saskatchewan, Great Plains Agricultural Council Publication No. 120, University of Nebraska, Lincoln, 715 pp.

Steppuhn, H., Nicholaichuk, W. and Reimer, C.D., 1986. Runoff calibration between small Prairie watersheds. CSAE Paper No. 86-307, Annual Meeting, Canadian Society of Agricultural Engineers, 6-10 July 1986, Saskatoon, Saskatchewan, 11 pp.

Warwick, W.F., J. Fitchko, P.M. McKee, D.R. Hart and A.J. Burt, 1987. The incidence of deformities in *Chironomus* spp. from Port Hope Harbour, Lake Ontario. Journal of Great Lakes Research *13*: 88-92.

NHRI

Dr. T.M. Dick

Dr. V. Klemes

86/87

M.A. McPhee

B. Baker

S. Tippins

B. Lloyd

B. Waldbauer

H. Black

B. Badger

R. Blanchette

B. Dowll

C. Fabbro

R.J. Lere

L. Watson

P.K. Gregory

STAFF SERVICES

R.O. Conville

D. Bucelli

T.W. Maier

J.A. Bonner

J. Pollé

INSTRUMENT TECHNOLOGY

D.K. MacKay

B. MacEwan

Dr. W. Nicholaichuk

C.S.L. Ommanney

Dr. T.D. Prowse

Dr. A. Wankiewicz

Dr. G. Holdsworth

Dr. P. Marsh

S. Fogarasi

Dr. R. Perla

S.C. Bopas

K. Best

M. Demuth

M. Lapointe

O. Mokievsky-Zubok

SURFACE WATER

J.A. Gilliland

P. Kerr

G. Grove

Dr. L.M. Johnston

A. Vandenberg

Dr. H. Chew

D. McNaughton

D. Craig

M. Griffin

GROUND WATER

Dr. M.I. Bothwell

P. Truschuk

Dr. B.C. Kenney

R. Kirkland

Dr. W.F. Warwick

Dr. T.A. Jackson

E. Marles

C. Casey

K. Supeene

E. Carmack

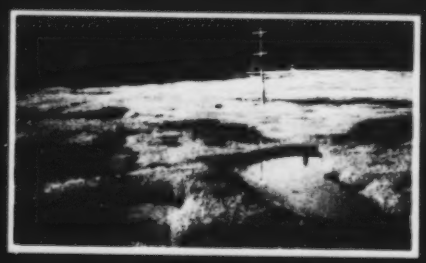
J. Tisdale

J. Mollison

LIMNOLOGY

Environnement Canada Environment Canada

INSTITUT NATIONAL DE RECHERCHE EN HYDROLOGIE



RAPPORT ANNUEL 1986-87

TABLE DES MATIÈRES

Le Bureau de la direction 1
La division des eaux de surface 5
La division des eaux souterraines 11
La Division de l'écologie Aquatique 17
La division des services au personnel 21
Les Publications 23

Available in English on request.

LE BUREAU DE LA DIRECTION

Commentaires du directeur

Le Centre national de recherche en hydrologie (CNRH) à Saskatoon, qui a été inauguré en 1986, abrite l'Institut national de recherche en hydrologie (INRH) et d'autres unités de recherches d'Environnement Canada comme les laboratoires régionaux de la Direction de la qualité des eaux et un bureau local de recherches et d'inspection du Service de l'environnement atmosphérique. L'INRH est l'un des deux instituts de recherche de la Direction générale des eaux intérieures d'Environnement Canada. L'INRH mène des recherches en hydrologie dans les domaines liés à la gestion des eaux et présentant un intérêt actuel ou éventuel. On y met l'emphase sur les questions qui touchent les quatre provinces de l'Ouest et les territoires.

L'année financière 1986-1987 a été dominée par le transfert de personnel d'Ottawa, de Winnipeg et de Vancouver à Saskatoon. Elle a également été marquée par des changements à la Direction. Le Dr A. Lachance, nommé directeur en juin 1985, a démissionné en décembre 1985. On a demandé à M. D. Lennox, l'ancien directeur, d'assurer l'intérim. Le 1er octobre 1986 le Dr T.M. Dick a été nommé directeur. Il convient de remercier Don Lennox à qui incombait la lourde responsabilité de résoudre les nombreux problèmes occasionnés par le déplacement et la réinstallation du centre et de souligner son travail qui exigeait en particulier de nombreux déplacements entre Ottawa et Saskatoon.

L'inauguration officielle du Centre national de recherche en hydrologie a eu lieu le 3 octobre 1986 à Saskatoon. M. G.M. Gurbin, secrétaire parlementaire du Ministre de l'Environnement, y a dévoilé la plaque officielle.

Cette inauguration a été marquée par la conférence intitulée "Water Research Themes" organisée par la Division de la Saskatchewan de l'Association canadienne des ressources en eau et le Water Studies Institute de Saskatoon. Les discussions dans le cadre de cette conférence ont fourni de très utiles renseignements et commentaires concernant les sujets de recherches et les besoins dans ce domaine.

De nombreux problèmes environnementaux et aquatiques doivent faire l'objet de recherches permettant d'améliorer notre aptitude à économiser les ressources canadiennes et à vivre en harmonie avec notre planète. La compréhension des interactions complexes entre les systèmes physique et biologique, davantage compliquées par l'interférence de l'homme, met à l'épreuve nos facultés intellectuelles et sollicite nos aptitudes. Toutefois l'élaboration de politiques environnementales intelligentes et sûres, associée à la reconnaissance de la nécessité du maintien et de la stabilité économique, exige une telle compréhension. Il nous faudra accroître nos connaissances pour évaluer avec précision l'incidence des changements.

La création du Centre, avec ses groupes reliés de recherches en hydrométéorologie, en hydrologie et en écologie, constitue une étape innovatrice et importante pour le progrès de la

recherche environnementale. L'une des fonctions de l'Institut consiste à élaborer une approche holistique aux questions environnementales. Le milieu physique et biologique n'est pas limité par les divisions intellectuelles du milieu universitaire et les scientifiques modernes de l'environnement doivent être prêts à collaborer avec des collègues oeuvrant à l'extérieur de leur domaine de spécialisation. Le défi de l'élimination des barrières isolant les scientifiques en est un de taille, mais sans doute non insurmontable. Les chercheurs devront s'armer de bonne volonté et de courage pour étendre leurs perspectives individuelles et s'attaquer aux problèmes de l'environnement dont l'étude impose une approche multidisciplinaire ou l'interaction de spécialistes.

Au cours de l'année écoulée, une série de séminaires scientifiques organisés par le Centre ont été suivis avec empressement. Jusqu'à maintenant, la transmission de renseignements de manière informelle a constitué une introduction utile à la participation de divers scientifiques et aux questions qui les intéressent. À l'avenir, une plus grande assiduité aux séances débordant le cadre de la spécialité de chacun pourrait s'avérer très productive. Il a été souligné qu'un grand nombre des découvertes scientifiques majeures ont été faites par des scientifiques franchissant les limites de leurs disciplines. Si cela est vrai pour les très grandes idées, il pourrait en être de même pour les questions de moindre importance.

Malgré le déménagement, la plupart des membres du personnel scientifique sont restés productifs et doivent être félicités pour leur persévérance. Leurs travaux, décrits de manière détaillée dans le présent rapport, reflètent bien leur zèle et leur compétence. Il n'est toutefois faite aucune mention de toutes les interactions quotidiennes avec leurs clients et collègues en vue de l'échange d'information, de la transmission de données ou de conseils et de toutes les démarches générales facilitant les diverses études environnementales. Les rapports personnels au sein de comités et d'associations professionnelles continueront d'exercer une grande influence sur les décisions et les projets du Centre.

La gestation de l'année 1986-1987 nous a apporté un édifice tout neuf, un nouveau milieu de travail, de nouveaux horizons et de nouveaux défis. À la fin de cette année les perspectives sont très encourageantes et l'optimisme est de rigueur.

Le directeur
T. Milne Dick

Commentaires du scientifique principal

Pendant l'année 1986-1987, le scientifique principal, V. Klemes, s'est principalement efforcé d'attirer l'attention de la communauté scientifique de l'hydrologie sur certains problèmes fondamentaux négligés par cette science et sur leurs conséquences pour la gestion des eaux. Parmi ces problèmes mentionnons l'absence de contenu hydrologique d'un grand nombre de modèles hydrologiques, la testabilité de ces modèles et la relation entre l'hydrologie et les autres sciences géophysiques d'une part ainsi que le génie d'autre part. Un exposé sur ces sujets a été publié dans un numéro spécial du *Water Resources Research* en septembre 1986 et trois

communications connexes ont été présentées lors de symposiums internationaux sur l'analyse de la fréquence des crues (Baton Rouge, É.-U.), la physique et la stochastique en hydrologie (Budapest, Hongrie) et la sécheresse (Lincoln, É.-U.).

Les activités de recherche du scientifique principal ont englobé une étude du caractère cyclique spontané de processus cumulatifs d'ordre élevé, phénomène qui joue un rôle important dans l'interprétation de successions chronologiques géophysiques, dans la détection de changement climatique dans les dossiers historiques, dans la prévision des sécheresses ainsi que dans la planification économique mettant en cause les processus naturels liés à l'eau.

La bibliothèque

La bibliothèque a ouvert ses portes en décembre 1986. Au début son fonctionnement a été difficile puisque toutes les publications étaient encore dans des boîtes. Toutefois, il y a eu une amélioration constante de janvier à mars en raison principalement du travail de deux bibliotechniciens vacataires qui ont organisé et enregistré la collection de journaux, catalogué et classé les monographies et rapports et fourni une aide au bibliothécaire dans sa recherche de fournisseurs pour les importantes publications manquant à la collection.

Un nouveau système de gestion de la bibliothèque a été installé en janvier et on a entrepris les travaux liés au catalogue en direct. Pendant l'année à venir toutes les opérations majeures de la bibliothèque seront entièrement automatisées.

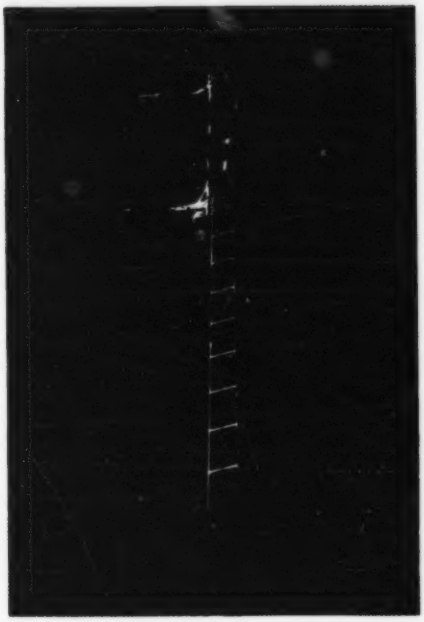
Le Comité de la bibliothèque du CNRH a été constitué de représentants de toutes les divisions et se réunira plusieurs fois par année afin de discuter des politiques, de l'enrichissement des collections et des services offerts.

Le personnel du CNRH a montré un intérêt soutenu quant au processus d'installation de la bibliothèque et s'est empressé de participer à l'accumulation d'une riche collection en hydrologie.

Section de l'instrumentation

Le projet le plus coûteux et qui a exigé le plus de temps pendant l'année financière se terminant en mars 1987 a été le déménagement à Saskatoon des machines, de l'équipement, des pièces, des fournitures et du personnel de la section. Une part importante des efforts a été consacrée à l'emballage et au déballage, mais l'installation et le réapprovisionnement ont exigé encore plus de travail.

En dépit des complications entraînées par le déménagement, la section a mis au point plusieurs nouveaux instruments à l'intention des scientifiques de l'Institut en 1986-1987.



Intervalomètre pour appareil-photo

On a fabriqué un intervalomètre utilisé avec appareil-photo 35 mm pour déterminer les vitesses en surface de la glace pendant la débâcle printanière. Le dispositif met en marche l'appareil-photo, actionne l'obturateur, permet à l'appareil-photo de faire avancer la pellicule, puis arrête le fonctionnement de l'appareil-photo. Il peut être mis en marche à la main ou au moyen d'un câble déclencheur dans la glace. Trois minuteries permettent d'utiliser un large éventail d'intervalles entre les photographies et de séquences.

Enregistreur de diagraphies dans la glace

L'utilité de l'enregisteur de diagraphies dans la glace a été accrue par l'addition d'un compas et par la modification de l'indicateur de profondeur afin qu'il donne directement une lecture en millimètres. L'indicateur de profondeur a été conçu de manière à fonctionner avec le câble à chapelet de flotteurs normal. Un nouveau dévidoir de câble à également été fabriqué pour cet appareil.

Moulinet enregisteur

Trois moulinets submersibles autonomes pour la mesure de la vitesse et de la direction de l'écoulement ainsi que de la température et de la profondeur de l'eau ont été remis sous boîtier avec leurs enregisteurs de données et enregisteurs à cassette. Des problèmes antérieurs avec ces appareils conçus par l'Institut ont été solutionnés par le rescellement et la mise à l'épreuve sous pression des boîtiers et par la mise au point de nouveaux bras de détection et codeurs de direction.

Modifications de l'appareil de prise de vue 16 mm

Huit systèmes de prise de vue basés sur le KB9A ont été modifiés pour la photographie de la progression de la débâcle sur des cours d'eau par un nouveau réglage de leur horloge pour l'obtention d'une photographie à toutes les 1,125 minutes. Cela a été accompli en ajoutant un interrupteur pour la mise en marche automatique à l'approche de la débâcle et par l'addition d'une deuxième horloge indiquant l'heure à laquelle le système de prise de vue est automatiquement mis en marche.

Chrono-déclencheur de pompe

Un chrono-déclencheur a été conçu et fabriqué pour la mise en marche et l'arrêt d'une pompe suivant des cycles d'une durée de 100 à 900 secondes et des facteurs d'utilisation de 1 à 99%.

Écouteurs pour caméra-vidéo

Des écouteurs de type aéronef pourvus de micro-rail d'annulation de la voix ont été modifiés pour en permettre l'utilisation avec une caméra-vidéo afin d'enregistrer des commentaires en vol. Le circuit utilisé empêche toute interférence avec les systèmes de l'aéronef tout en permettant la communication avec le pilote ou la caméra-vidéo.

Le personnel du bureau

Dr. T.M. Dick
Dr. V. Klemes
L. Watson
R.O. Christie
D. Bucilla
T.W. Maxim
J.A. Banner
J. Polle

LA DIVISION DES EAUX DE SURFACE

La recherche sur les eaux de surface met l'emphase sur l'étude des processus des bassins-versants, et en particulier sur ceux caractérisant des éléments du cycle hydrologique autres que les eaux souterraines. Les processus hydrologiques en milieu de pergélisol, en milieu alpin et dans les prairies présentent un intérêt particulier.

Les recherches de la Section de l'hydrologie des Prairies sont centrées sur la gestion de la couverture nivale ainsi que sur l'infiltration et le ruissellement de l'eau de fonte des neiges dans un milieu de prairie, sur l'application de l'imagerie micro-ondes passive à la surveillance de la crue printanière puis du séchage des champs, sur l'évaluation du modèle des relations complémentaires de l'évapotranspiration aérolaire (Complementary Relationship Areal Evapotranspiration, CRAE) et sur le volume et la qualité de l'écoulement restitué de l'irrigation. saisonnières sont des éléments importants du programme de recherches de la Section de l'hydrologie de montagne. Les glaciers peuvent fournir des données sur le climat et des renseignements sur le transport à distance des polluants atmosphériques. Ils contribuent de plus de manière importante à l'approvisionnement en eau. Les rapports oxygène/isotopes reflétant la température à laquelle la neige tombait ont maintenant été déterminés pour des carottes provenant du mont Logan. On a constaté que la succession chronologique des précipitations sur la montagne est en corrélation avec une succession de même durée en Sibérie.

Les dossiers accumulés sur les glaciers canadiens ont été transférés d'Ottawa à Saskatoon et sont actuellement en voie de réorganisation et de catalogage. Les renseignements sur les variations des glaciers, le bilan massique des glaciers et les événements glaciologiques spéciaux pendant la période de 1980 à 1985 ont été compilés. L'évaluation en cours des variations massiques annuelles des glaciers Sentinel, Place, Helm et Peyto a indiqué pour tous ces glaciers une perte de masse pendant l'année du bilan.

La structure de la neige et sa métamorphose influencent les taux de fonte et le ruissellement. Les études visant l'analyse d'échantillons de neige afin d'en découvrir les caractéristiques qui décrivent au mieux la microstructure se sont poursuivies. Les propriétés diélectriques de la neige et leurs modifications à mesure que la neige se métamorphose sont importantes pour l'interprétation des signaux de brillance de la neige obtenus au moyen de satellites de télédétection.

À la Section d'hydrologie du Nord, les activités de recherches ont encore porté sur les effets d'une éventuelle régularisation de l'écoulement du réseau Liard-Mackenzie et sur d'éventuelles mises en valeur de pétrole et de gaz dans la région du fleuve Mackenzie et de la mer de Beaufort. Un effort majeur a été consacré à la compréhension du régime hydrologique des lacs et des chenaux du delta du Mackenzie.

Section de l'hydrologie des prairies

Gestion de la neige et amélioration de l'eau de fonte

Une étude en collaboration a été entreprise en octobre 1986 par Agriculture Canada et la Division de l'hydrologie de l'université de la Saskatchewan afin de déterminer les effets de l'amélioration de la fonte de la neige par des méthodes de labourage, de l'amélioration de l'eau de fonte dans les sols fissurés ainsi que l'effet de la gestion de la neige et des méthodes de labourage sur le ruissellement en surface et la recharge des nappes d'eau souterraine. On a installé des instruments à quatre emplacements de recherche situés dans les zones de sol brun et brun foncé de la Saskatchewan afin de mesurer pendant l'hiver les variations de l'humidité du sol résultant du piégeage de la neige au moyen de bandes de chaume laissé haut sur pied. De telles études profiteront directement aux producteurs primaires à la recherche de méthodes d'extension du système de culture permettant de solutionner

les problèmes de dégradation des terres et de salinisation des sols.

Évaluation du modèle des relations complémentaires de l'évapotranspiration aérolaire (Complementary Relationship Areal Evapotranspiration, CRAE)

Une étude en collaboration entreprise par Alberta Environment, Agriculture Canada et la Direction des ressources en eau de la Direction générale des eaux et des terres afin d'évaluer le modèle CRAE pour l'estimation de l'évapotranspiration a donné des résultats encourageants. Les estimations obtenues pour des emplacements en sols arides, en terres cultivées et en herbages ainsi qu'en terres cultivées irriguées s'établissaient à moins de 33% des valeurs obtenues à partir de mesures de l'humidité du sol et des précipitations. Des mesures précises du point de rosée se sont avérées critiques pour la prévision de l'évapotranspiration.

L'étude sera poursuivie en 1987 et mettra l'emphase sur l'amélioration des mesures du point de rosée. Si l'évaluation du modèle est couronnée de succès, cette méthode sera utile pour l'estimation de l'évapotranspiration aréolaire basée uniquement sur la température de l'air et le point de rosée.

Drainage des herbicides, des éléments nutritifs et de l'eau d'un champ irrigué

Un projet a été entrepris en collaboration avec Agriculture Canada et le Saskatchewan Research Council en 1986 afin de déterminer les quantités et la qualité des eaux de drainage d'irrigation et souterrain après chaque chute de pluie et chaque arrosage. La quantité d'eau de drainage superficiel résultant de l'irrigation par méthode de l'arrosage à la raie représentait 14 % de la quantité d'eau utilisée pendant la saison. Pour ce qui est des éléments nutritifs appliqués, 0,1 % de l'azote et 0,16 % du phosphore se retrouvaient dans l'eau de drainage superficiel.

Dans le cas des herbicides appliqués, les concentrations variaient de 0,01 à 4,3 ug/L pour le DICAMBA et de 0.02 à 10,7 ug/L pour le MCPA. Ces pertes de produits chimiques représentent respectivement 1,8% et 0,1% des quantités appliquées de DICAMBA et de MCPA. Les résultats suggèrent que les concentrations sont bien inférieures à la LC_{50} acceptable de 10 000 ug/L pour les invertébrés aquatiques (U.S.E.P.A., fiche, 1983)

Répartition des précipitations

Un réseau dense de pluviomètres enregistreurs a été implanté dans les bassins versants de recherche des rivières Domain-Mannes dans le sud du Manitoba. Pendant l'été de 1985 plus de 30 tempêtes de pluie ont été enregistrées, incluant cinq tempêtes enregistrées au moyen du radar météorologique à Winnipeg. L'étalonnage des observations radar permet de synthétiser les relevés pluviométriques de chaque tempête sur une grande étendue.

Le modèle du ruissellement pour le bassin sera étalonné de manière à permettre de déterminer les distributions de probabilité du débit de pointe. Les enregistrements pluviométriques synthétisés pour différents secteurs dans le cas de chaque tempête seront utilisés comme données d'entrée pour le bassin modélisé, tout comme si cette partie de la tempête avait été centrée sur le bassin versant. Le modèle Penn State a été calibré pour une tempête dans le bassin Domain. On a démontré que des zones d'origine relativement petite avaient produits 80 % du ruissellement résultant de ce

phénomène. Cela signifie que dans le cas de tempêtes présentant une importante variation spatiale de la pluviosité, le débit de pointe du bassin est très sensible à l'emplacement du centre de la tempête.

Télédétection de bassin hydrographique

La télédétection de cibles hydrologiques par tout temps dépend de la pénétration des nuages par les rayonnements micro-ondes émis. L'imagerie micro-ondes thermique du satellite Nimbus 7 pour le centre et le sud du Manitoba pendant l'hiver 1984-1985 a été analysée.

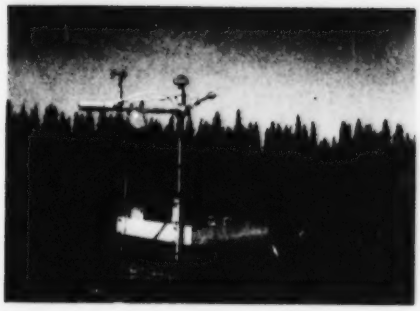
L'imagerie montre l'étendue de la crue printannière dans la zone d'argile lourde de la rivière Rouge, ainsi que l'assèchement ultérieur pendant une période de deux semaines. La brillance micro-ondes semble inversement reliée au pourcentage de superficie inondée, lorsque comparée aux observations au sol. Les températures locales de l'air doivent toutefois être prises en considération afin que les vagues de froid entraînant la congélation des étangs ne viennent embrouiller la relation entre les données.

L'estimation par satellite de l'équivalent en eau de la couverture de neige est également étudiée. La précision des mesures de la neige par micro-ondes à un moment donné quelconque est évaluée par comparaison avec les données régionales de cheminement de relevés d'enneigement. De plus, les mesures de la neige à un emplacement donné sont évaluées au moyen des tendances chronologiques obtenues à un emplacement avec instruments situé près de Winnipeg. Jusqu'ici des cartes numériques ont été préparées pour 80 orbites entre le 3 novembre et le 24 avril et pour une superficie de 250 000 km² au moyen des données de la bande de 37 GHz.

Études du drainage de l'eau de fonte des neiges

Les effets d'améliorations du drainage sur l'inondation en aval sont une conséquence de l'interaction entre les processus de drainage et du ruissellement. Pendant l'hiver de 1985-1986 un bassin de recherche situé près de Winnipeg a fait l'objet de l'installation d'un grand nombre d'instruments, dont des enregistreurs automatiques de données, des appareils-photos pour chronophotographie et des jauges de cours d'eau. Puisque le ruissellement de l'eau de fonte des neiges est le phénomène hydrologique important dans les Prairies, l'étude était centrée sur les facteurs influençant la synchronisation du ruissellement et de la fonte des neiges. Il a été démontré que l'obstruction des chenaux par la neige déterminait la réponse détaillée du bassin à des apports en eau de fonte des neiges. Les chenaux influenceraient également les conditions antérieures d'humidité en collectant les précipitations nivales adjacentes et l'eau de fonte résultant du gel-dégel.

Des essais préliminaires avec un modèle du ruissellement à base de cas indiquent la nécessité d'une modélisation hydraulique basée sur la physique pour l'évaluation des effets du drainage sur l'inondation en l'aval. On a utilisé le modèle Penn State du ruissellement pour vérifier l'effet d'améliorations et de "détériorations" du chenal sur le ruissellement de pointe pour une tempête d'été. L'effort de modélisation est actuellement examiné afin de permettre l'incorporation des conditions changeantes du chenal associées à l'obstruction par la neige. Des conceptions futures du drainage pourraient alors être adoptées de manière à réduire les débits de pointe en augmentant la durée du ruissellement.



Section de l'hydrologie de montagne

Renseignements sur la neige et la glace

Tous les dossiers de l'inventaire canadien des glaciers ont été transférés à Saskatoon et les collections de cartes et de photographies aériennes organisées afin d'en permettre l'utilisation par le personnel de l'Institut et les visiteurs. Un rapport d'envergure sur le bilan massique des glaciers canadiens et les variations des glaciers depuis 1980 a été préparé pour le Service mondial de surveillance des glaciers. D'après les observations plutôt limitées effectuées au Canada, les glaciers continuent de présenter des bilans négatifs et de reculer quoique les années 1982 et 1983 ont généralement été meilleures pour certains des glaciers de la Chaîne côtière. La demande de données sur les glaciers canadiens a augmenté, en particulier depuis la publication de rapports sur la relation entre la récente élévation du niveau de la mer et le recul des glaciers de montagnes.

Le Dr. A. Letreguilly de Grenoble, boursier post-doctorat, a comparé les bilans massiques hivernal, estival et net et les altitudes de la ligne d'équilibre de trois glaciers (Peyto, Place et Sentinel) aux données météorologiques obtenues de stations avoisinantes de 1966 à 1984. Le bilan massique du glacier Peyto est presque entièrement lié à la température estivale, celui du Sentinel principalement aux précipitations pendant l'hiver et celui du glacier Place aux deux. L'altitude de la ligne d'équilibre des trois glaciers présente la même corrélation avec les données météorologiques que le bilan massique.

Carottes de glace et évolution du climat, Mont Logan, T.Y.

La recherche a été centrée sur l'extraction de renseignements climatiques et sur les autres processus atmosphériques d'une succession chronologique de rapports isotopiques de l'oxygène couvrant presque les 300 dernières années. Les données sur l'intervalle de 1980 à 1986 seront incluses dès que les échantillons seront analysés. Ces derniers ont été recueillis à l'été de 1986 après quoi le trou de sonde a été relocalisé pour le carottage. Certains résultats préliminaires indiquent que les événements volcaniques et les rapports isotopiques pour l'oxygène qui leur sont associés ont des répercussions climatiques.

On a mesuré les quantités d'anions acides résultant de phénomènes volcaniques majeurs et on a remarqué des décalages importants entre les couches renfermant des nitrates, des sulfates et des halogénures. Ces données ont des implications pour l'étude des précipitations acides; la charge en gaz acides dans l'atmosphère a également des répercussions pour les scénarios d'évolution du climat.

Une étude de la chimie des carottes de glace complète et chevauche les travaux précédemment mentionnés. L'étude publiée du bilan ionique d'un segment de carotte a été effectuée afin d'aider à l'interprétation de la chimie de la carotte en général. La teneur de bulles d'air en dioxyde de carbone a été mesurée à diverses profondeurs (âges), et des analyses ont été entreprises conjointement avec D. Raynaud et R. Delmas du CNRS à Grenoble (France). Des rapports concernant ces travaux seront publiés en 1987. Le dosage des principaux anions pour

des phénomènes volcaniques choisis, est effectué en collaboration avec P. Mayewski de l'université du New Hampshire. Une comparaison avec les données obtenues de carottes de glace du Groenland est prévue. Les dosages du ^{210}Pb et du ^{10}Be sont effectués par M. Monaghan de l'université de Chicago, afin d'étudier les rapports de ces isotopes et des les utiliser pour la datation si possible. Des échantillons ont été prélevés ailleurs qu'à l'emplacement du Mont Logan.

Gestion de l'eau de bassins glaciés

Des mesures du bilan massique des glaciers Sentinel et Helm dans la Chaîne côtière en Colombie-Britannique ont été effectuées. Quoique situés à seulement 10 km l'un de l'autre à l'intérieur de la même plage d'altitudes et présentant le même aspect, ces deux glaciers fournissent, quant au bilan massique, des résultats qui diffèrent de manière constante. Le glacier Sentinel présentait un bilan négatif de -0,32 m H_2O alors que celui du glacier Helm était de -1,33 m H_2O. Les mesures de l'écoulement de l'eau de fonte au glacier Sentinel n'ont pas été reprises après que l'installation de jaugeage ait été emportée par une inondation en octobre 1984.

Les données sur l'écoulement provenant du glacier Sentinel pendant un intervalle de dix-huit années ont été analysées afin de déterminer l'effet de ce glacier sur le débit comparativement à l'écoulement provenant de bassins voisins non glaciés. L'analyse de fréquence a révélé que les distributions log Pearson de Type III (LP-III) et de Walkeby constituent de bons estimateurs des écoulements quotidiens maximums et du total des écoulements mensuels pour juillet. La distribution lognormale à trois paramètres fournissait de bonnes estimations pour le total des écoulements mensuels en août.

Des mesures des bilans hivernal et estival ainsi que de l'écoulement de l'eau de fonte ont également été effectuées au glacier Place. Une accumulation hivernale légèrement inférieure à la moyenne et un été chaud ont produit un bilan massique très négatif de -1,31 m H_2O. Pour la dixième année consécutive, le glacier Place a présenté un bilan massique négatif.

Quoique les mesures du bilan massique ont été interrompues cette année sur les trois glaciers du bassin versant de la rivière Bridge, une plate-forme de collecte de données (PCD) en aval du glacier Bridge est restée en exploitation et fournit des données météorologiques et hydrologiques.

En 1985 et en 1986 un certain nombre de visites ont été effectuées au glacier Peyto afin d'en déterminer le bilan massique et pour étudier la géométrie de la langue du glacier. L'analyse des données se poursuit.

Hydrologie du stock nival de montagne

La neige est un mélange de glace, d'air et parfois d'eau à l'état liquide. En collaboration avec l'université de Californie, des méthodes ont été mises au point pour la mesure de la teneur en eau liquide du stock nival pendant le ruissellement printannier. Elles sont basées sur des mesures effectuées à la main, mais toutefois en vue de l'application éventuelle de méthodes de télédétection à plus grande échelle.

Les mesures par télédétection dépendent de l'interaction de l'énergie électromagnétique et de la microstructure de la neige. Des méthodes ont été mises au point pour l'étude de la microstructure de la neige par remplissage d'échantillons de neige avec un ester insoluble dans l'eau suivi de la congélation de l'ester afin d'obtenir un bloc massif qui est ensuite découpé suivant des plans parallèles. Des méthodes spéciales de polissage améliorent le contraste glace-pores de ces coupes en plans et des photomicrographies sont prises, numérisées et analysées afin de décrire au mieux la microstructure à l'aide de paramètres objectifs. Un certain progrès a été accompli vers la mise en relation de la microstructure et des propriétés physiques.

Section de l'hydrologie du nord

Débâcle et formation d'embâcles sur les cours d'eau

Les études sur place de la débâcle et de la formation d'embâcles le long de la rivière Liard et du fleuve Mackenzie se sont poursuivies. Les caractéristiques physiques de débâcles thermiques et mécaniques ont été identifiées et une relation hauteur-débit pour embâcle a été établie pour l'embouchure de la rivière Liard à l'aide de la théorie des embâcles flottants en équilibre. L'importance du flux hydrothermique pour la dégradation des embâcles a été établie et une analyse de l'importance des flux de chaleur atmosphériques pour la fonte et la dégradation de la glace se poursuit. Une fois complétée une étude des échanges atmosphériques d'énergie au-dessus des couvertures de glace fragmentées, l'importance relative des flux de chaleur à la surface et sous la surface pour la fonte et la dégradation de la glace sera évaluée pour une gamme de conditions climatiques.

Hydrologie des lacs du delta du Mackenzie

Des études sur le terrain dans le delta du Mackenzie, le plus grand delta actif au Canada, ont été effectuées pendant l'année écoulée afin d'améliorer notre aptitude à prédire les effets de la régularisation de l'écoulement, de la pollution et de modifications climatiques sur les innombrables lacs de ce delta.

Ces travaux ont démontré que le régime hydrologique des lacs dépend de leur altitude. Par exemple, chaque année les lacs bas subissent la crue jusqu'à 150 jours/saison alors que les lacs perchés à 6 m au-dessus du niveau de la mer ne subissent la crue qu'une fois à tous les quatre ans, et ce seulement pour 2 jours/saison.

Les études du bilan hydrique ont montré que les lacs perchés, qui constituent 75% de tous les lacs dans la région d'étude, ne reçoivent qu'un ruissellement négligeable du bassin environnant et que l'évaporation depuis la surface de ces lacs est supérieure aux précipitations. En conséquence leur alimentation dépend entièrement des crues du fleuve Mackenzie, sans lesquelles ils disparaîtraient. Ces lacs perchés sont ainsi sensibles à une faible variation du régime des niveaux d'eau du fleuve Mackenzie.

Afin d'améliorer l'aptitude à prévoir les niveaux des lacs dans les conditions naturelles et d'écoulement régularisé, un modèle de simulation a été mis au point. Ce modèle permet de prédire avec précision les niveaux d'eau naturels de lacs perchés et pourrait être utilisé pour prédire les niveaux des lacs pour différents régimes du fleuve Mackenzie.

Inondations dues au refoulement des eaux par les embâcles dans le delta du Mackenzie T.N.O.

De 1980 à 1985, des données de base sur le cycle hydrologique des lacs et des chenaux de l'ensemble du delta ont été recueillies afin d'évaluer les répercussions environnementales éventuelles de la régularisation du tronc principal du fleuve Mackenzie.

L'analyse préliminaire suggère que la débâcle printanière est le phénomène le plus important. Les embâcles, et le refoulement résultant des eaux pendant la débâcle, sont essentiels au réapprovisionnement des lacs du delta.

Température de l'eau et flux de chaleur dans les cours d'eau couverts de glace

Les travaux se poursuivent en vue de déterminer les processus régissant la température de l'eau des cours recouverts de glace et pour la mise au point des modèles de prévision de variations de la température dans le temps et dans le chenal en coupe transversale. Le flux de chaleur par convection de l'eau à la couverture de glace sus-jacente a été déterminé. Un certain nombre de méthodes de calcul du flux de chaleur ont été comparées. L'une des conclusions majeures est qu'un terme de rugosité de la glace est nécessaire et que la méthode analogique de Colburn est celle qui fournit les résultats concordant au mieux avec le flux de chaleur mesuré.

Le personnel de la division

D.K. MacKay
B. MacEwan
Dr. W. Nicholaichuk
C.S.L. Ommanney
Dr. T.D. Prowse
Dr. A. Wankiewicz
Dr. G. Holdsworth
Dr. P. Marsh
S. Fogarasi
Dr. R. Perla
S.C. Bigras
K. Best
M. Demuth
M. Lapointe
O. Mokievsky-Zubok

LA DIVISION DES EAUX SOUTERRAINES

Déménagement à Saskatoon

L'événement majeur de 1986-1987 a certainement été le déménagement de la division à Saskatoon, où elle constitue l'une des trois principales unités de recherche de l'Institut national de recherche en hydrologie (INRH). Des 19 employés à plein temps que comptait la Division avant le déménagement, seulement cinq ont été mutés à Saskatoon et il y a eu en conséquence perturbation majeure des programmes de recherches et une réduction de l'effectif de scientifiques professionnels, qui est passé de 15 à 10 personnes, était inévitable. Toutefois, parmi les aspects très avantageux à plus long terme de ce déménagement, mentionnons l'occasion de restructurer les programmes de la Division afin de les mieux axer sur les priorités actuelles du ministère ainsi qu'un renouvellement des compétences permettant d'entreprendre l'exploration de nouveaux domaines scientifiques.

Nouvelles orientations scientifiques

Les coûts exorbitants associés à la collecte de données sur les eaux souterraines constituent incontestablement l'un des obstacles majeurs au progrès de l'hydrogéologie, tant comme discipline scientifique individuelle que comme instrument de solution de problèmes réels. La situation a atteint le stade où l'accumulation d'une base de données à peine "adéquate" ne peut être justifiée que dans les cas les plus prioritaires ou qu'en rapport avec les questions de la plus haute importance. Il en résulte que nos possibilités d'analyse et de prévision sont limitées non par notre aptitude à mettre au point et à construire des modèles mathématiques, mais par la disponibilité des données nécessaires pour leur étalonnage et leur exploitation. Il n'existe aucune solution immédiate ou évidente à ce problème, du moins en termes de notre compréhension actuelle des processus hydrogéologiques ou hydrogéochimiques. La compréhension approfondie de l'écoulement des fluides n'est pas dérivée de la loi de Darcy qui constitue une équation empirique reposant sur des mesures intégrées plutôt que sur une connaissance physique et chimique fondamentale du comportement de l'eau interstitielle.

Il semble que pour être en mesure de s'affranchir un jour de cette actuelle dépendance exagérée à l'endroit de données prises sur le terrain très coûteuses il faudra développer une bien meilleure connaissance de ce qui se passe au juste sous terre. En conséquence la DES axe ses priorités scientifiques sur les interactions eau-minéraux à l'échelle microscopique pour s'écarter des valeurs moyennes et des constantes empiriques à l'échelle macroscopique.

À cette fin, on s'efforce de développer les installations physiques et d'acquérir l'expérience nécessaires pour aborder toute cette question. Une installation à grande échelle pour l'étude in situ des interactions eaux souterraines/formations aquifères est actuellement en cours de construction (l'installation d'essai des formations aquifères à l'intérieur, Facility for Indoor Aquifer Testing (FIAT); un microscope électronique à balayage a été commandé et divers types d'instruments sont actuellement mis au point. Des dispositions sont actuellement prises afin d'obtenir l'accès à un super service d'informatique permettant la mise au point et la mise à l'épreuve de modèles plus évolués d'étude des eaux souterraines.

Transport à distance des polluants atmosphériques (TADPA)

Les travaux de la Division sur le TADPA et les eaux souterraines ont été entrepris en 1980. Les

travaux sur le terrain et l'installation d'instruments aux lacs Turkey, au nord de Sault-Sainte-Marie (Ontario) se sont poursuivis au cours des spet années suivantes; la rédaction des rapports a débuté en 1985-1986 et atteint maintenant son point culminant. L'objectif fondamental des études initiales, qui était de démontrer de manière non équivoque que le réseau des eaux souterraines/formations aquifères joue un rôle majeur en modérant les répercussions des pluies acides sur les étendues d'eau en surface dans la région des lacs Turkey, a maintenant été atteint.

Les interactions eau-minéraux déterminent les ultimes "puits acides" d'un bassin. Ces interactions surviennent principalement pendant la partie du cycle hydrologique où l'eau est sous-terre; dans le bassin-versant des lacs Turkey on estime que de 40 à 90% du débit a passé par le réseau d'écoulement des eaux souterraines. Puisque les caractéristiques hydrologiques comme la stratigraphie, la minéralogie et les perméabilités régissant le contact eau-minéraux sont hautement spécifiques aux emplacements en cause, il s'ensuit que les effets des pluies acides sur un bassin donné seront fonction des caractéristiques hydrologiques du bassin.

Il semble que la réponse du bassin soit également fonction des vitesses d'apport. Quoiqu'un grand nombre des réactions de neutralisation d'acide se produisant dans le réseau des eaux souterraines soient rapides, elles ne sont pas instantanées. Même dans un terrain présentant une capacité tampon mesurable attribuable à la présence de carbonates, il est possible d'abaisser le pH dans un réseau bien tamponné si de l'H+ est ajouté assez rapidement. Dans le bassin-versant des lacs Turkey, le pH a été abaissé de 5,2 à 4,5 dans les eaux souterraines peu profondes pendant la période de la fonte printanière. Cela peut être symptomatique des premiers stades d'une acidification de l'eau souterraine et, ultérieurement, d'une acidification plus grande des eaux de surface.

À la fin de 1987-1988 les résultats auront été documentés de manière suffisamment détaillée pour que les organismes opérationnels conçoivent et effectuent des relevés régionaux des eaux souterraines afin d'évaluer l'importance géographique globale des réseaux d'eaux souterraines/formations aquifères pour la diminution des répercussions des pluies acides.

Caractérisation des espèces d'aluminium dans l'eau souterraine

La répartition des espèces d'aluminium dans les réseaux d'écoulement des eaux souterraines de deux bassins-versants dont l'eau souterraine est périodiquement acidifiée est étudiée dans le cadre de l'étude des pluies acides par l'Institut. Les résultats préliminaires indiquent qu'il existe des différences au niveau de la concentration d'aluminium total et des pourcentages de la plupart des espèces biologiquement nuisibles détectées. Cela est observé entre bassins-versants et en fonction de la profondeur à l'intérieur d'un même bassin-versant. Les quantités importantes d'aluminium transportées par l'eau souterraine acidifiée dans les eaux de surface en influenceront la qualité et pourraient avoir de sérieuses conséquences pour les espèces de poissons sensibles à l'aluminium.

Installation pour l'analyse de formations aquifères à l'intérieur

L'Installation pour l'analyse de formations aquifères à l'intérieur, actuellement en construction et dont on prévoit le début de

l'exploitation en septembre 1987, permettra l'étude des réactions chimiques complexes entre l'eau d'infiltration, les déchets, les sols et l'eau souterraine. La conception de l'installation est basée sur le principe de la colonne cyclindrique d'essais en laboratoire, mais à beaucoup plus grande échelle.

Lors des premiers essais effectués dans cette installation on examinera les effets sur les eaux souterraines de l'élimination sous la surface des déchets de la combustion sur lit fluidisé produits à des centrales électriques expérimentales alimentées au charbon. Les critères de l'emplacement pour l'élimination des déchets seront reproduits à une échelle approximative de 1:10, ce qui produira une couche de déchets d'une épaisseur de 80 à 100 cm. Toutes les conditions à l'installation d'essai seront ajustées de manière à produire le pire scénario.

Les données obtenues lors de cette expérience permettront l'évaluation des méthodes d'élimination et des critères des emplacements proposés pour l'élimination des déchets de la combustion sur lit fluidisé en vue de minimiser la contamination des eaux souterraines.

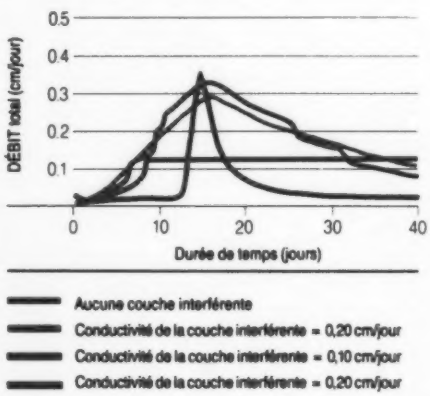
Drainage des terres

Au cours de l'année écoulée on a complété la mise au point d'un modèle pour la simulation du déplacement de l'humidité dans la zone non saturée où le sol se présente en couches présentant chacune des caractéristiques physiques différentes. Des résultats intéressants ont été obtenus lors de la modélisation du ruissellement produit par une tempête lorsqu'il existe dans le profil du sol à des profondeurs variables une couche interférente. Tel qu'illustré à la fig. 1, les configurations du débit varient énormément en fonction de l'état de la couche interférente. Alors qu'une couche d'une conductivité élevée (0,2 cm/jour) n'a que peu d'effets, une couche de conductivité moyenne (0,1 cm/jour) entraîne un écoulement à l'équilibre plus élevé (0,1 cm/jour) que celui observé en situation de saturation de la couche interférente. Cela est attribuable à la formation spontanée d'un "gradient inversé d'humidité" dans la couche interférente dont la base est plus sèche que le sommet et une inversion du gradient moyen s'établit dans le profil. La possibilité de l'existence d'un tel gradient inversé est généralement négligée. À l'opposé, lorsque la conductivité de la couche interférente est extrêmement faible, il y a accroissement brusque du débit, apparenté à une crue, entre le 13e et le 20e jour. La variation importante des configurations observées du débit en présence d'une couche interférente éclaire sous une perspective nouvelle les effets éventuels que pourraient avoir sur les configurations du débit des méthodes de gestion des sols visant à modifier la structure des sols.

Modèles des eaux souterraines

Au cours de l'année écoulée deux nouvelles méthodes, encore plutôt au stade expérimental, ont été mises au point pour la solution numérique d'équations différentielles aux dérivés partielles utilisées dans l'étude de l'écoulement des eaux souterraines. L'une d'elle est basée sur l'utilisation d'une méthode hybride de calcul par laquelle la partie de l'équation qui est fonction du temps est exprimée sous forme de différences finies ou d'éléments finis et le système résultant d'équations différentielles ordinaires en fonction du temps est solutionné de manière analytique à l'aide de la théorie des valeurs propres.

DÉBIT
lorsque le sol présente une couche interférente



L'autre méthode fait intervenir un procédé de calcul entièrement basé sur les différences finies pour exprimer l'équation différentielle sous forme de matrice. Par un léger tour de passe-passe, qui est toutefois parfaitement fondé mathématiquement, l'équation matricielle est transformée pour permettre la solution par étapes successives par la multiplication répétée de la matrice. Cela est équivalent à une "progression par intervalles dans le temps" dans laquelle les intervalles de temps croissent de manière exponentielle. Pour certains problèmes de modélisation, l'une ou l'autre de ces méthodes peut permettre d'accélérer de manière importante la solution.

Pesticides dans les eaux souterraines

La recherche sur les produits chimiques toxiques dans les eaux souterraines s'éloigne des problèmes associés aux sources ponctuelles (p. ex. dépotoirs pour produits chimiques) pour aborder celui des sources plus subtiles et répandues (p. ex. pesticides dans les eaux souterraines).

Les sources plus diffuses ou inconnues de contamination des eaux souterraines posent un problème d'ordre différent du fait qu'il est extrêmement difficile d'appliquer les méthodes actuelles d'étude des eaux souterraines à ces problèmes. Par exemple tout le concept du repérage et de la prévision de l'évolution d'un panache de contaminants est peu utile s'il n'existe aucune source ponctuelle identifiable de contamination. La manière de traiter la contamination des eaux souterraines par des sources non ponctuelles constitue par conséquent une préoccupation importante en matière de recherche. Les pesticides constituent l'une des plus importantes classes de contaminants des eaux souterraines pour lesquelles il est souvent impossible d'identifier des sources spécifiques. Tout ce que l'on peut dire avec certitude pour le moment c'est que la question des "pesticides dans les eaux souterraines" constitue une préoccupation importante d'un bout à l'autre du Canada et que la présence de pesticides a été détectée dans certaines nappes d'eau souterraines en plusieurs endroits du pays. Il reste à déterminer si ces manifestations sont en réalité des cas isolés de contamination à partir de sources ponctuelles ou si au contraire elles dénotent une contamination générale et répandue des eaux souterraines par les pesticides. La DES a étendu ses activités existantes dans ce domaine en amorçant un nouveau programme national de recherche majeur sur les pesticides dans les eaux souterraines dont la première étape consiste à évaluer l'envergure et la nature du problème.

À titre d'étape préliminaire pour l'évaluation de la portée du problème, la DES a entrepris une étude d'identification de la plupart des pesticides utilisés ainsi que de la répartition géographique et de l'objet de leur utilisation, d'évaluation de la possibilité de lessivage dans les eaux souterraines des pesticides très utilisés et d'identification de la toxicité de ces pesticides tant pour l'environnement que pour la santé chez l'homme. D'après ces critères, une méthode de classification sera mise au point afin d'accorder la priorité la plus élevée aux pesticides les plus inquiétants. Les résultats de cet inventaire des pesticides seront utilisés pour déterminer les pesticides que l'on doit chercher à détecter lors des projets sur le terrain ainsi que comme données de base pour les autres études des pesticides.

Études des pesticides sur le terrain

En 1986-1987, des études des pesticides sur le terrain se sont poursuivies à Abbotsford et à Osoyoos (C.-B.) ainsi qu'à Nokomis (Sask.) et à un nouvel emplacement à Taber (Alb.).

Le lac Osoyoos, qui est une étendue d'eau internationale, est situé dans une région de culture intensive des fruits avec irrigation par aspersion et où toute une gamme de pesticides sont appliqués. Les eaux souterraines constituent une source majeure d'eau pour le lac par suintement depuis des formations aquifères perméables peu profondes et non captives qui sont très sensibles à la contamination. Des mesures du suintement d'eau souterraine effectuées en 32 stations distinctes réparties autour de la partie canadienne du lac Osoyoos ont été effectuées afin de quantifier spatialement et dans le temps le flux d'eau souterraine passant par le fond du lac. Des mesures du niveau d'eau dans les puits et au moyen de piézomètres ont été effectuées à Osoyoos et à Abbotsford. Ces données seront utilisées pour l'interprétation de la qualité des échantillons d'eau souterraine qui seront recueillis.

Des analyses d'échantillons provenant de la formation aquifère peu profonde composée de sable près de Nokomis ont indiqué des traces de 2,4-D à l'emplacement d'un ou de deux piézomètres, mais les tentatives de confirmation de ces analyses par l'utilisation de contenants de résine pour la collecte des échantillons n'ont pu être complétées avec succès par le laboratoire.

Des piézomètres ont été installés près de Taber dans une zone irriguée consacrée à des cultures spéciales comme les carottes, les oignons, les pommes de terre et d'autres légumes. Des échantillons d'eau souterraine seront recueillis dans les années à venir afin d'y vérifier la présence des pesticides utilisés dans la région.

Pluie toxique dans le nord

Une autre région où les sources non ponctuelles de contamination des eaux souterraines peuvent s'avérer importantes est le Nord, où les précipitations toxiques peuvent influencer la qualité des eaux souterraines. La DES se propose d'effectuer une recherche modeste sur ce sujet dans le cadre de ses activités dans le nord du pays.

Élimination dans des puits profonds

L'élimination de déchets dans des puits profonds, et en particulier des résidus de l'industrie des pétroles lourds, est une question présentant un intérêt particulier pour l'ouest du pays. Au cours des dernières années, la DES/INRH a assuré la direction scientifique d'un programme de recherches sur ce sujet exécuté en grande partie sous contrat. Le financement est assuré par le Comité interministériel de recherche et de développement énergétiques. Ce programme est mené en collaboration avec l'industrie, les provinces et d'autres organismes du ministère. Il est vraisemblable que la plus grande partie du travail continuera d'être exécutée sous contrat.

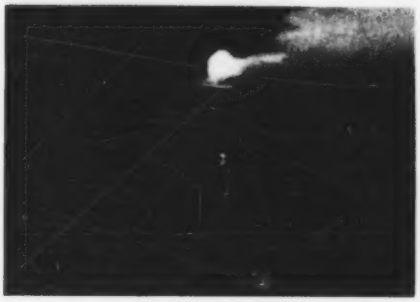
Les études théoriques et en laboratoire des effets d'injection d'eaux usées dans le sous-sol à des usines pilotes d'exploitation in situ du pétrole lourd ont été centrées sur les trois thèmes suivants:

1) identification des contraintes sur l'injection dans le sous-sol des déchets fluides et reconnaissance régionale des formations aquifères profondes sous les zones renfermant des sables bitumineux et du pétrole lourd,
2) caractérisation chimique des eaux usées des usines-pilotes,
3) étude de la transformation des déchets organiques dans les eaux des formations.

Pour vérifier les résultats des études théoriques et de laboratoire, la faisabilité de l'installation d'un emplacement de surveillance sur le terrain dans la région de Cold Lake a été étudiée en 1986-1987. Le programme recommandé consiste à mener un ensemble complet d'essais dans un trou de sonde récemment foré à proximité d'une installation d'élimination des eaux usées. Des études plus détaillées seront effectuées pendant l'année à venir afin d'identifier des emplacements spécifiques.

Contributions à l'élaboration de directives

Chacun sait qu'il vaut mieux "prévenir que guérir", ce qui s'applique également à la contamination des eaux souterraines. À la lumière des coûts exorbitants associés au nettoyage des formations aquifères contaminées par les dépotoirs pour produits chimiques ou par des fuites de réservoirs souterrains, il est évident que la solution véritable à ces problèmes consiste à prévenir la contamination plutôt qu'à tenter de remédier à la situation après coup. La DES prévoit jouer un rôle plus actif en matière de prévention de la contamination en contribuant à l'élaboration de directives, de réglementations, etc. visant les pratiques comme l'élimination dans les puits profonds.



Parc national de Wood-Buffalo

On pense que les niveaux d'eau des petits lacs et étangs de l'aire de reproduction des grues blanches dans le parc national de Wood-Buffalo dépendent en grande partie du débit des eaux souterraines. Cette étude a été conçue afin de déterminer la viabilité à long terme de ces lacs et étangs. Un rapport documentant l'installation de piézomètres et fournissant des analyses initiales des données a été présenté à Parcs Canada en 1986. Les résultats préliminaires indiquent:

1) que les précipitations et le ruissellement à eux seuls ne semblent pas suffisants pour maintenir les niveaux d'eau des étangs de sorte qu'il doit exister un apport en eaux souterraines,
2) l'écoulement des eaux souterraines s'effectue en direction des étangs dans les zones basses de tourbières et de marais intervallaires.

La surveillance à long terme des niveaux d'eau des étangs et aux piézomètres situés à trois emplacements à proximité s'est poursuivie en 1986. Au cours des années à venir la surveillance à long terme sera complétée par la collecte de données additionnelles sur la chimie et l'hydrologie ainsi que par l'interprétation de photographies aériennes combinée à l'analyse de l'imagerie satellite. Cela permettra de mieux définir les zones d'alimentation et de débit dans ce type de terrain.

Eaux souterraines dans le Nord

La recherche sur les processus fondamentaux dans les eaux souterraines et le pergélisol (qui n'est qu'une autre forme d'eau souterraine) dans le Nord a été jusqu'à maintenant négligée, principalement en raison des coûts élevés des études souterraines. La DES est d'avis qu'il est maintenant opportun d'étudier ces processus, principalement en raison de l'inquiétude croissante concernant l'évolution du climat et du fait que les répercussions de cette évolution seront vraisemblablement les plus importantes dans le Nord, tant en termes d'élévation de la température (jusqu'à 3 à 5°C pour la température annuelle moyenne dans certaines régions de l'Arctique), qu'en termes de la très grande et généralement admise sensibilité de l'environnement septentrional. De telles modifications de la température risquent d'entraîner le dégel du pergélisol sur de grandes étendues dans le Nord, ce qui aurait des conséquences pour le moment en grande partie imprévisibles. En 1987-1988 la Division prévoit entreprendre un modeste programme sur le terrain afin de familiariser le personnel avec les méthodes nécessaires et de mieux définir les dimensions scientifiques et techniques du problème. On prévoit que la chambre froide (-55°C) de la DES sera un atout précieux pour ces études, tant pour la mise au point d'instruments que pour la modélisation physique. Les travaux sur le terrain dans le cadre de cette étude seront effectués en étroite coordination avec les travaux nécessaires dans le cadre des études sur les pluies toxiques dans le Nord.

Les eaux souterraines et le développement économique

Les gestionnaires des ressources en eau accordent actuellement une grande attention aux modèles de disponibilité/demande de l'eau et font grand état de la nécessité de limiter la demande par des mesures comme la tarification de l'eau. L'hypothèse implicite veut que les limites de la disponibilité de l'eau soient prochainement atteintes, et dans certains bassins déjà dépassées. Alors qu'il est tout à fait justifié d'abolir les utilisations les plus gaspilleuses d'eau, la DES n'est aucunement convaincue que toutes les solutions permettant d'accroître la disponibilité de l'eau ont été adéquatement explorées. Pour ce qui est des eaux souterraines, la faisabilité de l'utilisation à diverses échelles de la réalimentation artificielle n'a jamais fait l'objet de recherches systématiques. La possibilité de la mise en valeur et de la gestion conjointes des eaux souterraines et de surface pour l'amélioration des approvisionnements en eau est mentionnée de temps à autre mais aucune étude scientifique ou technique sérieuse n'a été effectuée. La DES entreprend dans ce domaine plusieurs études dont la portée sera toutefois nécessairement limitée par la disponibilité des ressources.

Le personnel de la division

J.A. Gilliland
P. Kerr
G. Grove
Dr. L.M. Johnston
A. Vandenberg
Dr. H. Chew
D. McNaughton
D. Craig
M. Griffin

LA DIVISION DE L'ÉCOLOGIE AQUATIQUE

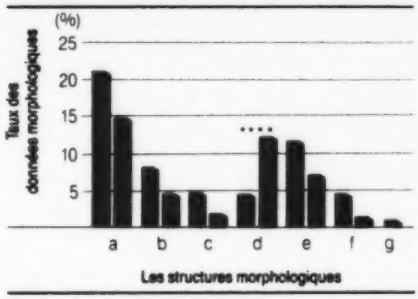
La Division de l'écologie aquatique (précédemment appelée la Division des recherches limnologiques) a mené des recherches dans trois domaines : 1) biogéochimie du mercure et d'autres métaux lourds qui pourraient être toxiques dans les lacs et les réseaux lacs-cours d'eau; 2) production primaire dans les cours d'eau et 3) effets pathologiques des contaminants toxiques pour les larves de chironomidés dans les lacs.

La recherche sur les métaux lourds englobe un projet dans le cadre de la Loi sur les ressources en eau du Canada (partie d'une étude spéciale intersecrétariale Canada-Manitoba) sur le problème du mercure causé par la création de réservoirs hydroélectriques le long de la dérivation du fleuve Churchill dans le nord du Manitoba. Il existe également un projet sur le mercure dans le sud de la Saskatchewan dans le réseau des rivières Moose Jaw et Qu'Appelle pollué par le mercure ainsi qu'un projet sur la caractérisation et la biodisponibilité du cuivre, du cadmium et du zinc dans des lacs pollués à proximité du complexe d'extraction et de fusion à Flin Flon (Manitoba) (en collaboration avec un scientifique de l'Institut des eaux douces à Winnipeg). Les études ont montré que l'accroissement de la charge en éléments nutritifs organiques dans les cours d'eau et les lacs, attribuable à l'inondation des terres (dans le nord du Manitoba) ou à la présence d'eaux d'égout et de fleurs d'eau (dans le sud de la Saskatchewan), a causé une augmentation de la production microbienne de méthyl-mercure biodisponible toxique à partir du mercure inorganique présent dans l'environnement. Ainsi des modifications de l'environnement qui accroissent la productivité biologique peuvent engendrer un problème de mercure à des endroits où il n'en existait pas auparavant ou aggraver un problème existant. Ces résultats ont des implications quant aux politiques gouvernementales concernant la création de réservoirs et la qualité de l'eau.

La recherche sur les chironomidés a démontré la valeur possible de diverses anormalités de la morphologie des chironomidés pour la détection et l'évaluation des effets nuisibles des polluants toxiques sur les communautés aquatiques. Les résultats de recherches intensives menées pendant un grand nombre d'années ont démontré que les difformités chez les chironomidés peuvent être utilisées comme base d'un système précoce de détection des effets toxiques sublétaux des contaminants. La comparaison de divers chironomidés provenant de deux emplacements au lac Tobin (Saskatchewan) et qui diffèrent par leur degré d'exposition aux déchets toxiques, a démontré que la fréquence des difformités chez les chironomidés était généralement significativement plus élevée à l'emplacement le plus pollué. Ce domaine de recherches est prometteur tant pour la recherche pure que pour la recherche appliquée sur les répercussions des produits chimiques toxiques dans les écosystèmes d'eau douce.

L'étude de la production primaire dans les cours d'eau a été effectuée au moyen d'un appareil spécialement fabriqué pour simuler les conditions fluviales. Les expériences effectuées sur la rive de la rivière Thompson Sud (Colombie-Britannique) ont montré que le taux de la croissance des algues dans des conditions expérimentales atteint un plateau après l'addition de quantités minimes de phosphate dissous. Les résultats, s'ils sont applicables à l'environnement de cours d'eau naturels, peuvent avoir des implications pour l'élaboration d'une politique de la qualité de l'eau tenant compte de

COMPARAISON DE L'INCIDENCE DES DIFFORMITÉS MORPHOLOGIQUES dans les larves de type Chironomus plumosus

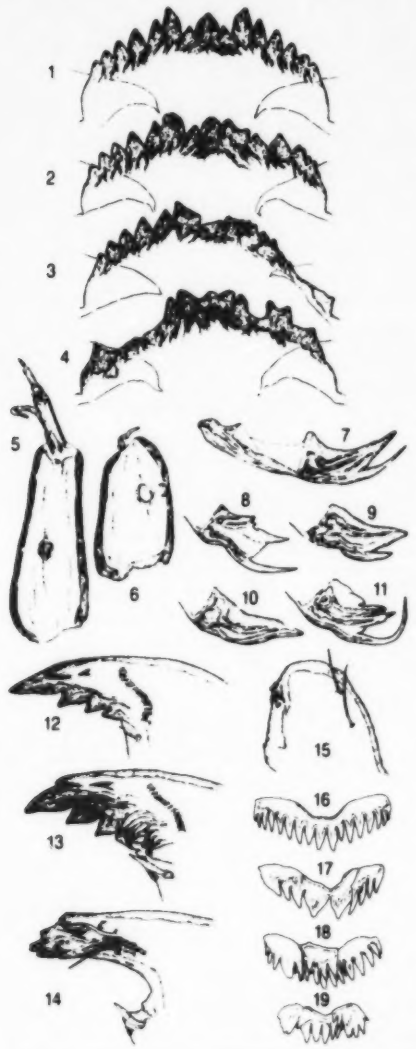


Site 2a, Tobin Lake
Site 17a, Tobin Lake

a) menta
b) mandibules inférieures
c) mandibules supérieures
d) antennes
e) peigne épipharyngien
f) labres lamellés
g) labres sétacés

Nota: Les astérisques indiquent une importance dans les différences des proportions des difformités des antennes entre les deux sites.

DIFFORMITÉS MORPHOLOGIQUES
dans les parties buccales du *Chrionomus Meigen*



1 - menta normaux
2,3,4 - menta difformes
5 - antennes normales
6 - antennes difformes
7 - prémandibules normales
8,9,10,11 - prémandibules difformes
12 - mandibules normanles
13,14,15 - mandibules difformes
16 - peigne épipharyngien normal
17,18,19 - peigne épipharyngien difforme

la pollution par les éléments nutritifs et de la prévention d'une eutrophisation excessive.

Évaluation biologique du stress causé par les contaminants : difformités morphologiques chez des larves de chironomidés.

La contamination de l'environnement par les déchets chimiques constitue l'une des menaces actuelles les plus graves pour la qualité de la vie au Canada et ailleurs dans le monde. Le nombre de produits chimiques ainsi que des produits de leur décomposition et de leur interaction synergiste ont débordé les possibilités d'évaluation précise de cette menace qu'offraient les méthodes classiques de la chimie et de la toxicologie. En conséquence des méthodes biologiques, basées sur l'étude de communautés vivant directement dans la région touchée, sont mises au point afin de déterminer la qualité de l'eau douce des lacs et des cours d'eau.

Les difformités morphologiques chez les larves de chironomidés (moucherons) présentent des possibilités considérables à titre d'instruments pour la détection et l'évaluation des effets des contaminants dans ces systèmes. Ces difformités peuvent varier de parties buccales légèrement anormales à des épaississements et fusions grotesques de toutes les structures du corps. Dans ces derniers cas l'épaississement et la fusion de structures individuelles peuvent entraîner une perte complète d'intégrité structurale, état qui rend difficile à comprendre la survie de l'insecte. Quoique moins saisissantes, des difformités moindres (fig. 1) du mentum (dents), des mandibules, des prémandibules, des antennes, du peigne épipharyngien, des lamelles et des soies du labre ainsi que d'autres structures renseignent probablement davantage puisqu'elles constituent des critères précoces d'avertissement pour la détection et l'évaluation des contaminants environnementaux. Des indices basés sur la difformités de ces structures sont actuellement mis au point afin de permettre la détection et l'évaluation.

Une comparaison de deux emplacements au lac Tobin (Saskatchewan), dont l'un (emplacement 2) était directement exposé à l'écoulement contaminé de la rivière Saskatchewan et l'autre (emplacement 17) exposé de manière indirecte seulement, indique (fig. 2) que la fréquence des difformités de la plupart des structures est, comme il se doit en raison de sa plus grande contamination, plus élevée au premier emplacement. La seule exception à cette règle était l'indice associé aux antennes qui présentait des valeurs supérieures à l'emplacement moins contaminé. Cette anomalie apparente suggère que d'autres facteurs, environnementaux ou physiologiques, peuvent être en cause. Les méthodes morphologiques en sont encore aux premiers stades de l'élaboration et des énigmes de ce genre seront sans aucun doute solutionnées à mesure que progresseront nos connaissances des réponses physiologiques à la présence de contaminants.

Écologie expérimentale des fleuves et rivières

L'appareil expérimental de recherche sur les dépressions (Experimental Troughs Research Apparatus, EXTRA) d'Environnement Canada, près de Chase sur la rivière Thompson Sud (Colombie-Britannique), a été implanté en 1984 afin d'assurer au ministère une installation de recherches pour la quantification des effets de divers polluants sur l'écologie des réseaux hydrographiques (fig. 1 p. 20). Cette installation où une technologie de pointe est utilisée pour déterminer les réponses microbiennes physiologiques dans les eaux courantes est la plus évoluée du genre en Amérique du Nord (fig. 2 p. 20).

Au cours des trois dernières années, les recherches effectuées au moyen de l'EXTRA ont été concentrées sur les effets des éléments nutritifs (principalement du phosphore) sur la production autotrophe dans les fleuves et rivières. Ces travaux ont clairement indiqué que la vitesse de croissance des algues dans les fleuves et rivières est en fonction de

l'enrichissement en phosphore plafonne et que la concentration de phosphore au-delà de laquelle il n'y a plus d'effet est extrêmement faible (fig. 3 p. 20). Ces renseignements ont des implications majeures pour l'établissement d'objectifs en matière de qualité de l'eau des fleuves et rivières du Canada et pour la régularisation des éléments nutritifs qui sont source de pollution dans certains fleuves et rivières.

Des expériences qui se poursuivent à l'EXTRA examineront les effets de substances toxiques et les interactions entre enrichissement en éléments nutritifs et matières toxiques.

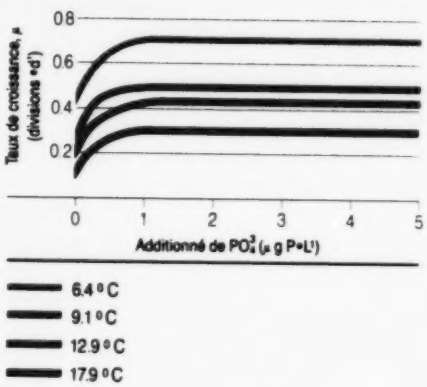
Recherches en biogéochimie

En 1986-1987 un rapport a été complété concernant les résultats d'un projet dans le cadre de la Loi sur les ressources en eau du Canada; ce projet portait sur le problème du mercure (Hg) résultant de la mise en valeur des ressources hydroélectriques dans le nord du Manitoba. Cette étude s'intégrait à celle du groupe spécial financée dans le cadre de l'Entente Canada-Manitoba pour l'étude et la surveillance du mercure dans la dérivation du fleuve Churchill et le rapport sera publié prochainement sous forme d'un chapitre du Rapport final du groupe d'étude.

La recherche a démontré que l'agrandissement des lacs du fleuve pour en faire des réservoirs a causé un accroissement important des taux de méthylation du Hg en raison de la stimulation de l'activité microbienne par la matière organique terrestre récemment submergée. En retour cela a mené à une accélération de l'accumulation du Hg par le poisson. Aucune pollution par le Hg n'est en cause; la modification de l'environnement a accéléré la production de méthyl-mercure à partir de sources diffuses de faibles concentrations de Hg non méthylé déjà présent dans la région. L'approvisionnement total en Hg était moins important que les facteurs environnementaux déterminant le taux de méthylation. Des expériences ont montré que les taux de méthylation dans les sédiments étaient plus élevés par des ordres de grandeur dans les régions inondées que dans les zones au large d'anciens lacs (avant la construction des ouvrages de retenue) (fig. 1). Le taux de production de méthyl-mercure présente une corrélation avec l'activité microbienne telle que mesurée par la production de CO_2 (fig. 2) et était proportionnel à l'élévation du niveau du lac après la construction des ouvrages de retenue, élévation qui détermine l'abondance de matière organique terrestre

TAUX DE CROISSANCE DES COMMUNAUTÉS PHYCOLOGIQUES ATTACHÉES

en fonction de la concentration accrue de l'orthophosphate à différents moments de l'année (ex. différentes températures).



Le personnel de la division

Dr. M.L. Bothwell
P. Trischuk
Dr. B.C. Kenney
R. Kirkland
Dr. W.F. Warwick
Dr. T.A. Jackson
E. Marles
C. Casey
K. Supeene
E. Carmack
J. Tisdale
J. Mollison

Figure 1

PRODUCTION DE MÉTHYL-MERCURE par les sédiments

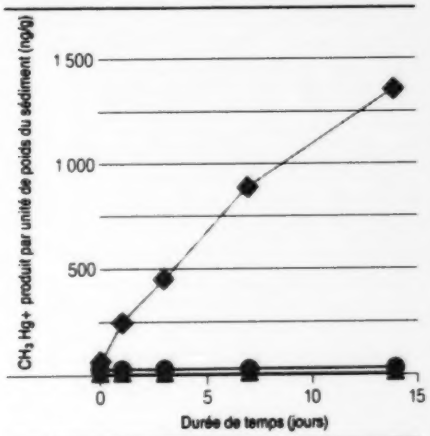
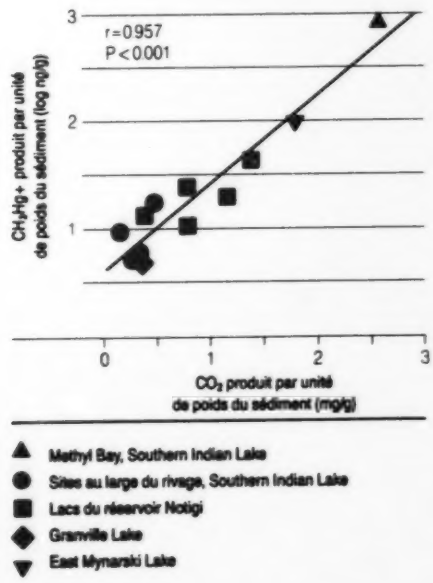


Figure 2

RAPPORT ENTRE LA PRODUCTION DE MÉTHYL-MERCURE ET DE CO_2 dans les sédiments



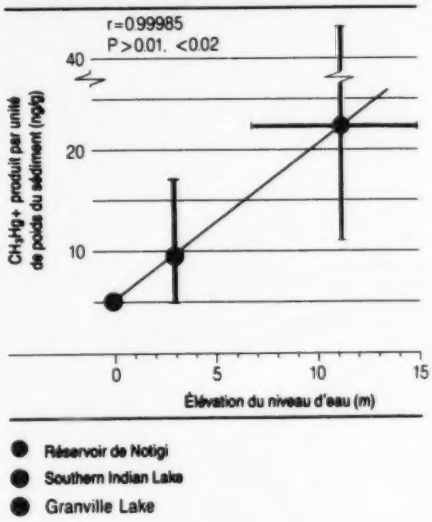
submergée disponible comme éléments nutritifs de substrat pour les microbes effectuant la méthylation (fig. 3). En plus des éléments nutritifs organiques, les effets des minéraux de l'argile, des oxydes, des sulfures, du pH et des conditions d'oxydo-réduction ont également été étudiés.

Une étude sur le Hg dans le réseau des rivières Moose Jaw-Qu'Appelle et de ses lacs pollués par le mercure dans le sud de la Saskatchewan a été publiée dans le *Journal canadien des sciences halieutiques et aquatiques*. Ces travaux ont montré que la stimulation de l'activité microbienne par les éléments nutritifs organiques provenant des égoûts et des fleurs d'eau constitue la principale cause des variations régionales et saisonnières des concentrations de méthyl-mercure, alors que la répartition du mercure inorganique (le précurseur du méthyl-mercure), comme dans le nord du Manitoba, a des effets beaucoup moindres.

Un projet de recherches sur la caractérisation du cuivre, du cadmium et du zinc en rapport avec la disponibilité des espèces de ces métaux pour le poisson dans les lacs pollués près de Flin Flon (Manitoba) a été entrepris et complété. Les résultats seront évalués pendant l'exercice 1987-1988.

Figure 3

RAPPORT ENTRE LA CAPACITÉ MOYENNE DE PRODUCTION DE CH_3HG+ DU RÉSERVOIR AU LARGE DU RIVAGE ET DES SÉDIMENTS DE CONTRÔLE ET L'ÉLÉVATION MOYENNE DU NIVEAU DE L'EAU CAUSÉE PAR LA DÉRIVATION DE LA RIVIÈRE CHURCHILL-NELSON



LA DIVISION DES SERVICES AU PERSONNEL

La Division des services au personnel assure des services centralisés d'administration, de gestion financière, de gestion des biens, de gestion du matériel, de gestion des dossiers, de traitement des mots et de préparation de rapports scientifiques pour tous les éléments des Services de la conservation et de la protection. Elle assure également, dans le cadre d'une entente, des services de soutien communs pour deux unités du Service de l'environnement atmosphérique qu'abrite le Centre national de recherche en hydrologie.

Section des services administratifs

La Section des services administratifs est responsable du soutien administratif et financier pour tous les occupants du Centre national de recherche en hydrologie à l'exception du Bureau d'inspection météorologique du Service de l'environnement atmosphérique (BIM/SEA). Elle fournit également divers services de soutien administratif au directeur, comme les plans d'étude pour l'Institut, les plans d'exploitation à long terme, les plans de travail et les plans d'exploitation pour plusieurs années. Elle assure de plus, à l'échelle de l'Institut, des services comme la compilation des plans de voyage pour les conférences, la présidence du comité d'examen des contrats, la participation au comité de santé et sécurité, au comité des relations ouvrières-patronales, au comité d'urgence en cas d'incendie et au comité de l'information technologique; l'administration de la Loi sur l'accès à l'information; la préparation et l'analyse des rapports mensuels d'utilisation des ressources en années-personnes de l'Institut; la coordination de toutes les activités liées à la dotation en personnel avec le Bureau régional du personnel des Services de la conservation et de la protection à Regina ainsi que la mise en oeuvre des processus d'automatisation du travail de bureau et enfin les fonctions de surveillance de tous les utilisateurs de machines de traitement de texte.

En cette première année financière d'exploitation, une part considérable de nos ressources a été consacrée à la mise en oeuvre des systèmes nécessaires pour l'exploitation du Système automatisé de gestion financière (SAGF), pour l'approvisionnement, pour les services centraux d'inscription et pour le déménagement d'employés et de leurs familles ainsi que de l'équipement auparavant dispersés dans 13 bureaux régionaux, laboratoires ou entrepôts.

La section a coordonné les cérémonies officielles d'inauguration en octobre 1986.

Des visites ont été organisées tout au long de l'année à l'intention de scientifiques sur place et de l'extérieur ainsi que de groupes de l'organisme central.

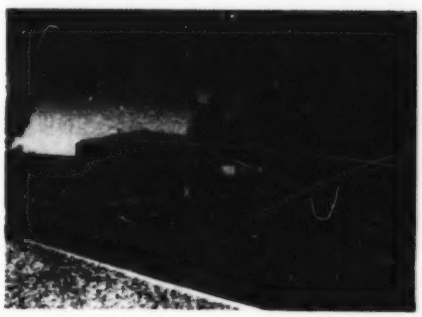
Section des services des bâtiments et terrains

Le Centre national de recherche en hydrologie est situé sur une propriété de 2,5 hectares à l'Innovation Place, un parc de recherche au nord du campus principal de l'université de la Saskatchewan à Saskatoon. Le bâtiment est d'une superficie totale brute de 10 975 m² répartis sur deux étages principaux et un troisième étage partiel consacré à l'équipement mécanique. En raison de la complexité du bâtiment, un système informatisé assure un large éventail de possibilités de collecte de données et de régulation automatique adaptées aux fonctions de surveillance de CVCA et de gestion de l'énergie.

La Section des services des bâtiments et terrains est responsable de l'exploitation et de l'entretien du bâtiment, de l'équipement intrinsèque ainsi que des terrains et aires de stationnement à l'intérieur des limites du Centre national de recherche en hydrologie. Elle fournit également à tous les locataires du Centre une aide technique et des conseils concernant les changements et modifications ainsi que l'installation et l'exploitation d'équipement.

La Section est dirigée par un gestionnaire des biens immobiers et un assistant. Tout le reste du personnel nécessaire pour l'exploitation au jour le jour est embauché sous contrat dans le secteur privé; on dénombre environ 22 de ces contrats.

Un grand nombre d'éléments étaient encore en suspens lorsque Travaux publies Canada a



donné possession du Centre à l'Institut national de recherche en hydrologie à la mi-avril 1986. Le reste de l'année financière a été consacrée presqu'entièrement à des négociations avec les architectes, les ingénieurs, les entrepreneurs, les représentants de Travaux publics Canada et les chefs de service.

Section de la gestion du matériel

La Section de la gestion du matériel est responsable des services d'approvisionnement, de gestion et d'administration du matériel, de gestion des biens, d'élimination, d'entreposage et des magasins ainsi que de l'expédition et de la réception pour tous les organismes du Service de la conservation et de la protection regroupés au Centre. Parmi les entreprises majeures de l'année financière mentionnons l'installation d'un entrepôt central et l'organisation du système d'inventaire-manuscrit; cela a exigé la classification, la distribution, l'enregistrement et l'élimination d'équipement dispersé en 13 emplacements d'un bout à l'autre du pays. La mise en oeuvre d'un système automatisé d'approvisionnement a été complétée par l'unité des achats et le système d'enregistrement de la distribution d'équipement a été automatisé.

Dans le domaine des télécommunications des installations d'envergure ont été complétées tout au long de l'année. Le système initial ne permettait que la communication en phonie. Ce n'est qu'après l'arrivée des employés que des systèmes additionnels de communication en phonie et de transmission des données ont dû être installés.

Section des services financiers

La Section des services financiers assure des services centralisés et informatisés de comptabilité pour toutes les unités au Centre national de recherche en hydrologie (INRH, Direction de la qualité des eaux et Centre canadien du climat du SEA). La section est également responsable de la liaison avec les autres organismes fédéraux, provinciaux et municipaux, les organismes centraux et les fournisseurs pour ce qui est du paiement des comptes. De plus, cette section participe au processus de planification par la préparation des plans financiers et des ressources humaines ainsi que des budgets des dépenses.

Service central d'inscription

Cette section assure les services de distribution du courrier pour tous les occupants du Centre. Elle assure également les services de messagerie, de télécopie, de photocopie et d'élimination par l'entremise des Archives publiques pour les cinq divisions de l'Institut national de recherche en hydrologie.

Section du soutien graphique

La Section du soutien graphique assure le soutien graphique pour les présentations visuelles, les expositions et l'impression ainsi qu'un service d'illustration technique et cartographique de qualité publication pour l'ensemble du personnel du Centre national de recherche en hydrologie. Des programmes de rétroprojections et de diapositives sont préparés pour des séminaires et la section fournit des services de photographie pour les publications et les expositions. L'impression, le traitement de la photo et le dessin sont exécutés à l'extérieur; toutefois, certains travaux graphiques et la photographie ainsi que la plus grande partie de la conception sont effectués au moyen des installations de la section. En 1986-1987 la section a étudié les besoins du Centre dans le domaine de l'audio-visuel et a implanté un système d'inventaire, principalement destiné aux études scientifiques sur le terrain.

Parmi les autres projets dignes de mention soulignons la conception d'un mur décoratif pour le hall d'entrée du Centre national de recherche en hydrologie, des plans de disposition de mobilier et de bureaux pour la bibliothèque et la Division des services du personnel ainsi que la conception de nouvelles pages couvertures pour les publications de l'Institut national de recherche en hydrologie.

Le personnel de la division des services du personnel

M.A. McPhee
B. Baker
S. Tippins
B. Lloyd
B. Waldbauer
H. Black
B. Badger
R. Blanchette
B. Doell
C. Fabbro
R.J. Lere
P.K. Gregory

LES PUBLICATIONS

Adams, W.P. and Prowse, T.D. with Bilello, M.A. Eliassen, E., Freysteinsson, S., Laasanen, O., Pangburn, T., Raab, B., Tesaker, E. and Tvede, A., 1986. Techniques for measurement of snow and ice on freshwater in Nordic countries. In - Field Measurements under Winter Conditions, H.S. Santeford (Compiler), Proceedings of 6th International Northern Research Basins Symposium/Workshop, 26-30 January 1986, Houghton, Michigan, U.S. National Committee for Scientific Hydrology, Working Group on Northern Research Basins, 133-182.

Bigras, S.C., 1986. Lake regimes, Mackenzie Delta, N.W.T., 1982 and 1983. Internal Report, Surface Water Division, National Hydrology Research Institute, Environment Canada, Ottawa, Ontario, April, 63 pp.

Bottomley, D.J., Craig, D., and Johnston, L.M., 1986. Oxygen-18 studies of snowmelt run-off in a small Precambrian watershed: Implications for streamwater acidification in acid-sensitive terrain. Journal of Hydrology, vol. 88, 213-234.

Campbell, C.A., Nicholaichuk, W., Zentner, R.P. and Beaton, J.D., 1986. Snow and fertilizer management for continuous zero-till spring wheat. Canadian Journal of Plant Science, 66(3), 535-551.

Campbell, C.A., Zentner, R.D., Nicholaichuk, W., Beaton, J.D. and Parker, G.E., 1986. Snow and fertilizer management for spring wheat grown on zero till. Proceedings of the Symposium, Snow Management for Agriculture, H. Steppuhn and W. Nicholaichuk (Editors), 1985, Swift Current, Saskatchewan, Great Plains Agricultural Council Publication No. 120, University of Nebraska, Lincoln, 375-399.

Champoux, A. and Ommanney, C.S.L., 1986. Evolution of the Illecillewaet Glacier, Glacier National Park, B.C., using historical data, aerial photography and satellite image analysis. Proceedings of the Symposium on Glacier Mapping and Surveying, 26-29 August 1985, Reykjavik, Iceland, Annals of Glaciology, Vol. 8, 31-33.

Champoux, A. and Ommanney, C.S.L., 1986. Photo-interpretation, digital mapping, and the evolution of glaciers in Glacier National Park, B.C. Proceedings of the Symposium on Glacier Mapping and Surveying, 26-29 August 1985, Reykjavik, Iceland, Annals of Glaciology, Vol. 8, 27-30.

Clarke, G.K.C., Schmok, J. and Ommanney, C.S.L., 1986. Characteristics of surge-type glaciers. Proceedings of the Symposium on Glacier Mapping and Surveying, 26-29 August 1985, Reykjavik, Iceland, Annals of Glaciology, Vol. 8, abstract, 197.

Clarke, G.K.C., Schmok, J.P., Ommanney, C.S.L. and Collins, S.G., 1986. Characteristics of surge-type glaciers. (Paper 5B5680). Journal of Geophysical Research, 91(B7), 10 June, 7165-7180

Gray, D.M., Nicholaichuk, W. and Granger, R.J., 1986. Snowmelt infiltration to uncracked, cracked and subsoiled frozen soils. Proceedings of the Symposium, Snow Management for Agriculture, H. Steppuhn and W. Nicholaichuk (Editors), 1985, Swift Current, Saskatchewan, Great Plains Agricultural Council Publication No. 120, University of Nebraska, Lincoln, 299-319.

Haas, J., 1986. Comparison of ground and airborne snow surveys of the Saint John River basin - March 1984. Internal report, Surface Water Division, National Hydrology Research Institute, Environment Canada, Ottawa, Ontario, April, 25 pp.

Holdsworth, G., 1986. Evidence of a link between atmospheric thermo-nuclear detonations and nitric acid. Nature, 324(6097), 11 December, 551-553.

Holdsworth, G., 1986. Ice shelf creep rates and the flow law of ice. Nature, 319(6056), 27 February, 727.

Howarth, P.J. and Ommanney, C.S.L., 1986. The use of LANDSAT digital data for glacier inventories. Proceedings of the Symposium on Glacier Mapping and Surveying, 26-29 August 1985, Reykjavik, Iceland, Annals of Glaciology, Vol. 8, 90-92.

Jackson, T.A., 1986. Methyl mercury levels in a polluted prairie river-lake system: seasonal and site-specific variations, and the dominant influence of trophic conditions. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences *43*: 1873-1887.

Jasper, S. and M.L. Bothwell, 1986. Photo-synthetic characteristics of lotic periphyton. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences *43*: 1960-1969.

Klemeš, V., 1986. Dilettantism in hydrology - transition or destiny? Water Resources Research, 22(9), Supplement, August, 59S-70S.

Klemeš, V., 1986. Hydrological uncertainty in water management context. IAHS Publication No. 147, Proceedings, 18th I.U.G.G. General Assembly, Hamburg, 1983, International Union of Geodesy and Geophysics, 175-186.

Klemeš, V., 1986. Operational testing of hydrologic simulation models. Hydrological Science Journal, 31(1), 13-24

Lapointe, M.F., 1986. Deep scour holes on the bed of Mackenzie Delta channels, N.W.T. Internal report, Cold Regions Section, Surface Water Division, National Hydrology Research Institute, Environment Canada, Ottawa, Ontario, April, 36 pp.

Lapointe, M.F., 1986. Mackenzie Delta channel dynamics: miscellaneous data. Internal report, Cold Regions Section, Surface Water Division, National Hydrology Research Institute, Environment Canada, Ottawa, Ontario, April, 12 pp.

Lapointe, M.F. and Carson, M.A., 1986. Migration patterns of an asymmetric meandering river: the Rouge River, Quebec. Water Resources Research, 22(5), May, 731-743.

MacAyeal, D.R. and Holdsworth, G., 1986. An investigation of low-stress ice rheology on the Ward Hunt Ice Shelf. (Paper No. 5B5808). Journal of Geophysical Research, 91(B6), 10 May, 6347-6358.

Marsh, P., 1986. Modelling water levels for a lake in the Mackenzie Delta. Proceedings of the Symposium: Cold Regions Hydrology, D.L. Kane (Editor), 22-25 July 1986, Fairbanks, Alaska, American Water Resources Association Technical Publication Series No. TPS-86-1, Bethesda, Maryland, 23-29.

Mokievsky-Zubok, O., 1986. Glacier mass balance results for 1985 in southwestern and northern British Columbia. Internal report, Glacier Section, Surface Water Division, National Hydrology Research Institute, Environment Canada, Ottawa, Ontario, February, 15 pp.

Mokievsky-Zubok, O., 1986. Glaciological studies in Bridge River basin in 1985. Internal report, Glacier Section, Surface Water Division, National Hydrology Research Institute, Environment Canada, Ottawa, Ontario, January, 21 pp.

Mokievsky-Zubok, O., 1986. Glaciological studies in Homathko River basin in 1985. Internal report, Glacier Section, Surface Water Division, National Hydrology Research Institute, Environment Canada, Ottawa, Ontario, February, 17 pp.

Nicholaichuk, W., 1986. Hydrology research needs. Report, 20th Annual Convention,

Conservation and Development Association, 26 March 1986, Saskatoon, Saskatchewan, 13-19.

Nicholaichuk, W., 1986. Hydrology research opportunities in western Canada. CSAE Paper No. 86-306, Annual Meeting, Canadian Society of Agricultural Engineers, 6-10 July 1986, Saskatoon, Saskatchewan, 14 pp.

Nicholaichuk, W., 1986. Soil moisture management. Proceedings, Tillage and Soil Conservation Symposium, 14 July 1986, Indian Head, Saskatchewan, Indian Head Experimental Farm, Research Branch, Agriculture Canada, 77-92.

Nicholaichuk, W. and Gray, D.M., 1986. Snow trapping and moisture infiltration enhancement. Proceedings of the Symposium, Moisture Management in Crop Production, Fifth Annual Western Provinces Conference, Rationalization of Soil and Water Research and Management, 18-20 November 1986, Calgary, Alberta, Alberta Agriculture, 73-84.

Nicholaichuk, W., Gray, D.M., Stepphun H. and Dyck, F.B., 1986. Snow management practices for trapping snow in a Prairie environment. Proceedings of the Symposium, Snow Management for Agriculture, H. Stepphun and W. Nicholaichuk (Editors), 1985, Swift Current, Saskatchewan, Great Plains Agricultural Council Publication No. 120, University of Nebraska, Lincoln, 477-499.

Nobert, M., and Barrie, W., 1986. Ground water conditions, Wood Buffalo National Park, NWT. NHRI Internal Report, Ground Water Division, National Hydrology Research Institute.

Ommanney, C.S.L. (Editor), 1986. ICE, News Bulletin of the International Glaciological Society, No. 80, 1st Issue, 28 pp.

Ommanney, C.S.L., 1986. Mapping Canada's glaciers since 1965. Proceedings of the Symposium on Glacier Mapping and Surveying, 26-29 August 1985, Reykjavik, Iceland, Annals of Glaciology, Vol. 8, 132-134.

Ommanney, C.S.L., 1986. Studies of glacierized basins of mainland Canada. In: Workshop on Alaskan Hydrology: problems related to glacierized basins, C. Benson, W. Harrison, J. Gosink, S. Bowling, L. Mayo and D. Trabant (Editors), Report No. UAG R-306, Geophysical Institute, University of Alaska, Fairbanks, Alaska, abstract, A28-A30.

Ommanney, C.S.L., 1986. Report of the Advisory Committee on Glaciological and Alpine Nomenclature/Rapport du comité consultatif de la nomenclature glaciologique et alpine. Canoma, 12(2), December/décembre, 22-24.

Ommanney, C.S.L., 1986. The Advisory Committee on Glaciological and Alpine Nomenclature: a ten-year retrospective view/Le comité consultatif de la nomenclature glaciologique et alpine: une retrospective decennale. Canoma, 12(2), December/décembre, 24-28.

Perla, R.I., Dozier, J. and Davis, R.E., 1986. Preparation of serial sections in dry snow specimens. Journal of Microscopy, 141(1), 111-114.

Prowse, T.D., 1986. Ice jam characteristics, Liard-Mackenzie River confluence, Canadian Journal of Civil Engineering, 13(6), 653-665.

Prowse, T.D., 1986. 1985 breakup and ice jam observations, Liard and Mackenzie rivers near Fort Simpson, N.W.T. NHRI Internal report, National Hydrology Research Institute, Environment Canada submitted to Water Resources Division, Department of Indian and Northern Affairs, 38 pp.

Prowse, T.D., 1986. River ice monitoring. In-Field Measurements under Winter Conditions, H.S. Santeford (Compiler), Proceedings of 6th International Northern Research Basins Symposium/Workshop, 26-30 January 1986, Houghton, Michigan, U.S. National Committee for Scientific Hydrology, Working Group on Northern Research Basins, 69-82.

Prowse, T.D., 1986. Recommendations for site-specific observations of river ice. Proceedings, 42nd Annual Eastern Snow Conference, 6-7 June 1985, Montréal, Quebec, 111-125.

Prowse, T.D. and Stephenson, R.L., 1986. The relationship between winter lake cover, radiation receipts and the oxygen deficit in temperate lakes. Atmosphere-Ocean, 24(4), 386-403.

Raven, K.G., 1986., Détermination des propriétés hydrauliques d'un petit système d'écoulement souterrain dans un gneiss monzonitique fracture. Etude No. 149 Série Scientifique de la DGEI. Rapport No. 30 de l'INRH.

Sangal, B.P., 1986. Recursion formula for unit hydrographs. Canadian Journal of Civil Engineering, 13(3), 386-388.

Sangal, B.P., 1986. Recursion formula for unit hydrographs/Relation de récurrence pour les hydrogrammes unitaires. NHRI Paper No. 29/Rapport nº29 de l'INRH, IWD Technical Bulletin No. 141, Étude nº141 collection des rapports techniques de la DGEI, National Hydrology Research Institute/Institut national de recherches en hydrologie, Inland Water Directorate/Direction générale des eaux interieurs, Environment Canada/Environnement Canada, Ottawa, Ontario, 14 pp.

Sherstone, D.A., Prowse, T.D. and Gross, H., 1986. The development and use of "hot-wire" and conductivity type ice measurement gauges for determination of ice thickness in Arctic rivers. Proceedings of the Symposium: Cold Regions Hydrology, D.L. Kane (Editor), 22-25 July 1986, Fairbanks, Alaska, American Water Resources Association Technical Publication Series No. TPS-86-1, Bethesda, Maryland, 121-129.

Sherstone, D.A., Prowse, T.D. and Gross, H., 1986. "Hot-wire" and conductivity type gauges for ice thickness determination; Mackenzie Delta, Northwest Territories, Proceedings, 4th Workshop on Hydraulics of River Ice, 19-20 June 1986, École Polytechnique de Montréal, Volume I, B-1.1 - B-1.25.

Stepphun, H., Erickson, D., Nicholaichuk, W. and Zentner, R.P., 1986. Benefit/cost ratios for snow management techniques in semi-arid climates. Proceedings of the Symposium, Snow Management for Agriculture, H. Stepphun and W. Nicholaichuk (Editor), 1985, Swift Current, Saskatchewan, Great Plains Agricultural Council Publication No. 120, University of Nebraska, Lincoln, 613-656.

Steppuhn, H. and Nicholaichuk, W., 1986. Managing snow to extend the areal range of winter wheat production. Proceedings, 54th Annual Meeting, Western Snow Conference, 15-17 April 1986, Phoenix, Arizona, 30-40.

Steppuhn, H. and Nicholaichuk, W. (Editors), 1986. Proceedings of the Symposium Snow Management for Agriculture held at Swift Current, Saskatchewan, Great Plains Agricultural Council Publication No. 120, University of Nebraska, Lincoln, 715 pp.

Steppuhn, H., Nicholaichuk, W. and Reimer, C.D., 1986. Runoff calibration between small Prairie watersheds. CSAE Paper No. 86-307, Annual Meeting, Canadian Society of Agricultural Engineers, 6-10 July 1986, Saskatoon, Saskatchewan, 11 pp.

Warwick, W.F., J. Fitchko, P.M. McKee, D.R. Hart and A.J. Burt, 1987. The incidence of deformities in *Chironomus* spp. from Port Hope Harbour, Lake Ontario. Journal of Great Lakes Research *13*: 88-92.

INRH

Dr. T.M. Dick

Dr. V. Klemes

86/87

M.A. McPhee

B. Baker

S. Tippins

B. Lloyd

B. Wuttbauer

H. Black

B. Badger

R. Blanchette

B. Doell

C. Fabbro

R.J. Lere

I. Watson

P.K. Gregory

R.O. Christie

D. Bucelis

T.W. Maxin

J.A. Banner

J. Polin

D.K. MacKay

B. MacEwan

Dr. W. Nicholaichuk

C.S.I. Omnaraney

Dr. T.D. Prowse

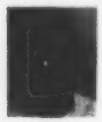
Dr. A. Wankiewicz

Dr. G. Holdsworth

Dr. P. Marsh

S. Fogarasi

Dr. R. Perla


S.C. Bioras

K. Best

M. Demuth

M. Lapointe

O. Mokievsky-Zubok

J.A. Gilliland

P. Kerr

G. Grove

Dr. J.M. Johnston

A. Vandenberg

Dr. H. Chew

D. McNaughton

D. Craig

M. Griffin

Dr. M.L. Bothwell

P. Troschuk

Dr. B.C. Kenney

R. Kirkland

Dr. W.F. Warwick

Dr. T.A. Jackson

E. Marles

C. Casey

K. Supeene

E. Carmack

J. Tisdale

J. Mollison

SERVICES AU PERSONNEL

INSTRU - MENTATION

EAUX SOUTERRAINES

EAUX DE SURFACE

LIMNOLOGIE